

**UJI PEMBERIAN VERMIKOMPOS-ZEOLIT ALAM TERHADAP KEPADATAN
SEL *Thalassiosira* sp., dan PROBIOTIK *Lactobacillus* sp. DALAM UPAYA
MENINGKATKAN SINTASAN LARVA UDANG VANAME**

Tesis

Oleh

**SEPTRIA JUWITA
2127021002**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

UJI PEMBERIAN VERMIKOMPOS-ZEOLIT ALAM TERHADAP KEPADATAN SEL *Thalassiosira* sp., dan PROBIOTIK *Lactobacillus* sp. DALAM UPAYA MENINGKATKAN SINTASAN LARVA UDANG VANAME

Oleh

SEPTRIA JUWITA

Thalassiosira sp. adalah mikroalga yang dikultur untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dalam budidaya larva udang vaname. Kepadatan sel mikroalga pada kultur dipengaruhi oleh komposisi pupuk yang diberikan dan didukung oleh bakteri probiotik yang dapat diperoleh dari alam. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Penelitian tahap pertama dilakukan uji pemberian vermikompos-zeolit alam terhadap jumlah probiotik *Lactobacillus* sp. dan kepadatan sel *Thalassiosira* sp. Penelitian tahap kedua merupakan penelitian pengembangan dengan menguji hasil kultur *Thalassiosira* sp. terhadap jumlah probiotik *Lactobacillus* sp. dan sintasan larva udang vaname. Penelitian dilaksanakan dari bulan November 2022 sampai Maret 2023 di lokasi pembenihan udang vaname PT. Citra Larva Cemerlang di Kalianda, Lampung Selatan dan Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung. Perlakuan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu jenis pupuk *Thalassiosira* sp. terdiri dari pupuk komersial (FeCl, NaNO₃, DSP, silika, EDTA) sebagai kontrol (K), vermikompos (V), zeolit alam (Z), vermikompos + zeolit alam (VZ). Setiap perlakuan diulang 4 kali. Data yang diperoleh dilakukan analisis ANOVA menggunakan program IBM SPSS 26 pada taraf kepercayaan 5%, dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan* untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Pemberian vermikompos dan zeolit alam pada kultur *Thalassiosira* sp. mampu meningkatkan jumlah probiotik *Lactobacillus* sp. Hasil terbaik terdapat pada perlakuan menggunakan kombinasi vermikompos dan zeolit alam dengan rata-rata log jumlah sel hidup *Lactobacillus* sp. 6 CFU/mL. Namun, pemberian vermikompos dan zeolit alam tidak mampu meningkatkan kepadatan sel hidup *Thalassiosira* sp. Pemberian hasil kultur *Thalassiosira* sp. menggunakan vermikompos dan zeolit alam mampu meningkatkan jumlah probiotik *Lactobacillus* sp. dan sintasan larva udang vaname. Hasil terbaik terdapat pada perlakuan menggunakan kombinasi vermikompos dan zeolit alam dengan rata-rata log jumlah sel hidup *Lactobacillus* sp. 7,2 CFU/mL dan persentase sintasan 80,6%.

Kata kunci: vermikompos, zeolit alam, *Thalassiosira* sp., *Lactobacillus* sp., sintasan, larva udang vaname.

ABSTRACT

TEST APPLICATION of VERMICOMPOS-NATURAL ZEOLIT on CELL DENSITY of *Thalassiosira* sp., and PROBIOTICS *Lactobacillus* sp. in the EFFORT to INCREASE the SURVIVAL of VANNAMEI SHRIMP LARVAE

By

SEPTRIA JUWITA

Thalassiosira sp. is microalgae that is cultured to meet nutritional needs in the cultivation of vannamei shrimp larvae. The density of microalgae cells in culture is influenced by the composition of the fertilizer given and supported by probiotic bacteria that can be obtained from nature. This research is conducted in two steps. The first steps of the research was to test the application of natural vermicompost-zeolite to the amount of probiotic *Lactobacillus* sp. and the cell density of *Thalassiosira* sp. The second stage of research is development research by testing the culture results of *Thalassiosira* sp. on the amount of probiotic *Lactobacillus* sp. and survival of vannamei shrimp larvae. The research was carried out from November 2022 to March 2023 at the vannamei shrimp hatchery PT. Citra Larva Cemerlang in Kalianda, South Lampung and Microbiology Laboratory FMIPA University of Lampung. The treatments were arranged in a completely randomized design (CRD) with one factor, which is the type of fertilizer for the culture media of *Thalassiosira* sp. which consists of commercial fertilizers (FeCl, NaNO³, DSP, Silica, EDTA) as controls (K), vermicompost (V), natural zeolite (Z), vermicompost + natural zeolite (VZ). Each treatment was repeated 4 times. The data obtained was analyzed with ANOVA by using the IBM SPSS 26 program at the 5% level of confidence, continued with Duncan's further test to determine the significant difference between each treatments. The Application of vermicompost and natural zeolite to the culture of *Thalassiosira* sp. was able to increase the amount of probiotic *Lactobacillus* sp. The best results was found in treatment by using a combination of vermicompost and natural zeolite with an average log number the live cell density of *Lactobacillus* sp. 6 CFU/mL. However, the application of vermicompost and natural zeolite was not able to increase the live cell density of *Thalassiosira* sp. Application of culture results of *Thalassiosira* sp. by using vermicompost and natural zeolite was able to increase the amount of probiotic *Lactobacillus* sp. and survival of vannamei shrimp larvae. The best results was found in the treatment by using a combination of vermicompost and natural zeolite with an average log number the live cell density of *Lactobacillus* sp. 7,2 CFU/mL and a survival rate of 80,6%.

Keywords: vermicompost, natural zeolite, *Thalassiosira* sp., *Lactobacillus* sp., survival, vannamei shrimp larvae

**UJI PEMBERIAN VERMIKOMPOS-ZEOLIT ALAM TERHADAP KEPADATAN
SEL *Thalassiosira* sp., dan PROBIOTIK *Lactobacillus* sp. DALAM UPAYA
MENINGKATKAN SINTASAN LARVA UDANG VANAME**

Oleh

SEPTRIA JUWITA

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS**

Pada

**Program Pascasarjana Magister Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

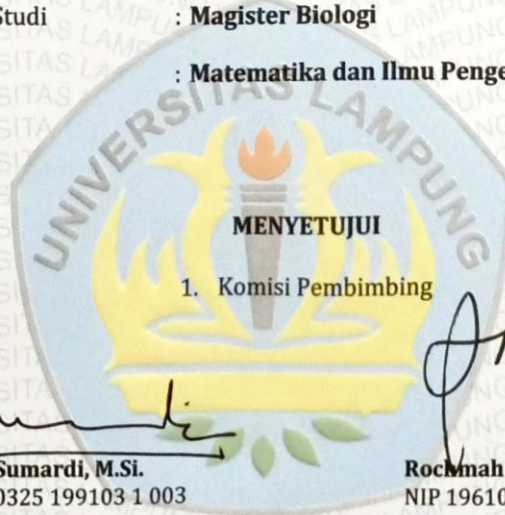
Judul Tesis : **UJI PEMBERIAN VERMIKOMPOS-ZEOLIT ALAM TERHADAP KEPADATAN SEL *Thalassiosira* sp., dan PROBIOTIK *Lactobacillus* sp. DALAM UPAYA MENINGKATKAN SINTASAN LARVA UDANG VANAME**

Nama Mahasiswa : **Septria Juwita**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2127021002**

Program Studi : **Magister Biologi**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. **Komisi Pembimbing**


Prof. Dr. Sumardi, M.Si.
NIP 19650325 199103 1 003


Rochmah Agustrina, S.U., Ph.D.
NIP 19610803 198903 2 002

2. **Ketua Program Studi Magister Biologi**


Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.
NIP 19660305 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Sumardi, M.Si.

Sekretaris : Rochmah Agustrina, S.U., Ph.D.

Penguji
Bukan Pembimbing 1 : Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc.

Penguji
Bukan Pembimbing 2 : Dr. Bambang Irawan, M.Sc.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP 19711001 200501 1 002

Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. I. Murhadi, M.Si.

NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 03 Juli 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Septria Juwita

NPM : 2127021002

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 6 Juli 2023
Pembuat pernyataan,



Septria Juwita
NPM. 2127021002

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kalianda, Lampung Selatan pada tanggal 28 September 1990. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Khonsor dan Ibu Zuraida. Penulis menempuh pendidikan di TK Xaverius Lampung Utara, Sekolah Dasar MIN Kalianda Lampung Selatan, Sekolah Menengah Pertama di SMP Pembangunan Kalianda Lampung Selatan, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1

Kalianda Lampung Selatan. Pada tahun 2014 penulis telah menyelesaikan Pendidikan Tinggi S1

(S.Si) di Universitas Lampung dari Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan Skripsi yang berjudul “ Pengaruh Pengayaan Pakan Terhadap Perkembangan Koloni dan Produksi Lebah Madu (*Apis cerana*)”. Pada tahun 2021, penulis tercatat sebagai mahasiswa di program studi Magister Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Di Universitas Lampung. Penulis dinyatakan lulus sebagai Magister Sains (M.Si.) pada tahun 2023.

PERSEMBAHAN

Segala puji hanya milik Allah SWT, atas rahmat dan nikmat yang selalu dilimpahkan.

Sholawat serta salam selalu tercurah kepada Rasulullah SAW.

Ku persembahkan karya ini sebagai tanda baktiku dan cinta kasihku yang tulus kepada:

Kedua orangtuaku tercinta,

Ayahku Khonsor dan Ibuku Zuraida, yang telah mendidik dan membesarkanku dengan segala doa terbaik, kesabaran, dan limpahan cinta serta kasih sayang. Selalu mendukung segala langkahku untuk mencapai kesuksesan dan kebahagiaan, yang tidak akan pernah bisa terbalas.

Kedua kakakku tersayang,

Medidian dan Nelan, yang selalu memberikan semangat serta dukungan dan doa serta kasih sayangnya untukku.

Para pendidikku,

Atas ilmu, nasihat, serta arahan yang membuat penulis mampu untuk melihat betapa indahny ilmu pengetahuan.

Serta,

Almamater tercinta.

MOTTO

“Jadilah mata air jernih, yang memberikan kehidupan kepada sekitarmu”
(B.J. Habibie).

Barang siapa beriman kepada Allah dan hari akhir, maka hendaklah ia berkata
baik atau diam.
(Nabi Muhammad S.A.W).

“Sifat amanat (dapat dipercaya) itu membawa rezeki
sedangkan sifat khianat itu membawa kefakiran”
(H.R. Tabrani dari abi umarah r.a).

Orang pintar berlogika sehingga bermimpi sesuatu yang secara logika bisa di capai.
Orang bodoh tidak peduli dengan logika, yang penting dia bermimpi sesuatu sangat besar,
bahkan sesuatu yang tidak mungkin dicapai menurut orang lain
(Bob Sadino)

SANWACANA

Assalamulaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains di Universitas Lampung. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian hibah pascasarjana yang berjudul “Pengaruh Vermikompos-Zeolit Alam Terhadap Kultur Sel Alga *Thalassiosira* sp. dan Keragaman Molekuler Probiotik *Lactobacillus* sp.: Dalam Upaya Menaikkan Sintasan Larva Udang Vaname”. Proyek penelitian tersebut dilaksanakan berdasarkan Surat Penugasan Penelitian Pascasarjana Unila Nomor Kontrak: 844/UN26.21/PN/2023, tanggal 10 April 2023.

Ucapan terimakasih penulis haturkan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, bantuan, saran, serta kritik sehingga tesis ini dapat diselesaikan, antara lain kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M.Si., selaku pembimbing satu, sekaligus pembimbing akademik atas motivasi, ilmu bermanfaat, bimbingan, bantuan, nasihat, saran, dan arahan, baik selama perkuliahan maupun dalam proses penyusunan tesis hingga selesai.
5. Ibu Rochmah Agustina, S.U., Ph.D., selaku pembimbing dua atas semua motivasi, ilmu bermanfaat, bimbingan, bantuan, nasihat, saran, dan arahan, baik selama perkuliahan maupun dalam proses penyusunan tesis hingga selesai.
6. Bapak Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc., selaku pembahas pertama atas kesediaan meluangkan waktunya untuk memberikan arahan serta kritik dan saran sehingga tesis ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku pembahas kedua atas kesediaan meluangkan waktunya untuk memberikan arahan serta kritik dan saran sehingga tesis ini menjadi lebih baik.

8. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Biologi Universitas Lampung.
9. Bapak Dr. Jani Master, M.Si., selaku ketua jurusan Biologi Universitas Lampung.
10. Bapak Eka prihadi, bapak Kholid selaku pimpinan PT. Citra Larva Cemerlang, atas izin dan ilmunya dalam menyelesaikan tesis.
11. Kedua orangtuaku yang selalu mendoakan yang terbaik, memberikan semangat dan dukungan hingga penulis dapat menyelesaikan tesisi ini.
12. Kedua kakakku yang selalu memberikan motivasi dalam proses menyelesaikan tesisi ini.
13. Seluruh dosen dan civitas akademik Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, terimakasih atas ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.
14. Teman-teman magister biologi angkatan 21, semua karyawan PT. Citra Larva Cemerlang, kakak tingkat magister biologi, adik-adik sesama peneliti Mikrobiologi, terimakasih atas bantuan, saran dari pengalamannya, dan kebersamaan selama penulis menyelesaikan tesis ini.
15. Almamater Universitas Lampung yang tercinta.

Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan bagi setiap pembacanya.

Bandar Lampung, 6 Juli 2023

Septria Juwita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Kerangka Pemikiran	5
1.4 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	7
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Udang Vaname	7
2.1.2 Habitat dan Siklus Hidup Udang Vaname	9
2.1.3 Kebutuhan Nutrisi Pakan Udang Vaname	11
2.2 <i>Thalassiosira</i> sp.	12
2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>Thalassiosira</i> sp.	12
2.2.2 Reproduksi dan Fase Pertumbuhan <i>Thalassiosira</i> sp.	14
2.2.3 Kultur <i>Thalassiosira</i> sp.	16
2.2.4 Kebutuhan Nutrisi <i>Thalassiosira</i> sp.	20
2.2.5 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Pertumbuhan <i>Thalassiosira</i> sp.	20
2.3 Vermikompos	21
2.4 Zeolit Alam	22
2.5 Probiotik <i>Lactobacillus</i> sp.	24
III. METODE PENELITIAN	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.2.1 Alat Penelitian	25
3.2.2 Bahan Penelitian	25
3.3 Rancangan Penelitian	26
3.4 Prosedur Penelitian	28
3.4.1 Sterilisasi Alat	28
3.4.2 Sterilisasi Air Media Kultur	28
3.4.3 Persiapan Bibit <i>Thalassiosira</i> sp.	28
3.4.4 Pemberian Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam, dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeolit Alam pada Media Kultur <i>Thalassiosira</i> sp.	28
3.4.5 Kultur <i>Thalassiosira</i> sp.	30
3.4.6 Pengujian Hasil Kultur <i>Thalassiosira</i> sp. terhadap Sintasan Larva Udang Vaname	31
3.4.7 Pembuatan Media GYP (Glucose Yeast Peptone) dan Isolasi Bakteri <i>Lactobacillus</i> sp. dari Tiap Perlakuan	33

3.5	Parameter Uji	33
3.5.1	Kepadatan Sel <i>Thalassiosira</i> sp.	33
3.5.2	Laju Sintasan Larva Udang Vaname (stadia zoea dan mysis)	34
3.5.3	Penghitungan Jumlah Koloni Probiotik <i>Lactobacillus</i> sp.	34
3.6	Kualitas Air	35
3.7	Analisis Data	36
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1	Hasil	37
4.1.1	Kepadatan Sel Hidup <i>Thalassiosira</i> sp. yang Dikultur Menggunakan Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam, dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeolit Alam Selama 10 Hari	37
4.1.1.1	Jumlah Sel Hidup <i>Lactobacillus</i> sp. Pada Kultur <i>Thalassiosira</i> sp. Menggunakan Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam, dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeolit Alam	38
4.1.1.2	Korelasi antara Jumlah Sel Hidup <i>Lactobacillus</i> sp. dengan Kepadatan Sel Hidup <i>Thalassiosira</i> sp. yang Dikultur Menggunakan Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam, dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeolit Alam Selama 10 Hari	39
4.1.1.3	Kualitas Media Kultur <i>Thalassiosira</i> sp. Menggunakan Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam, dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeolit Alam	40
4.1.2	Sintasan Larva Udang Vaname yang Diberi <i>Thalassiosira</i> sp. Hasil Kultur Menggunakan Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam, dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeolit Alam pada Stadia <i>Zoea</i> 1- <i>Mysis</i> 3. 41	
4.1.2.1	Jumlah Sel Hidup <i>Lactobacillus</i> sp. pada Media Pertumbuhan Larva Udang Vaname yang Diberi <i>Thalassiosira</i> sp. Hasil Kultur Menggunakan Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam, dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeolit Alam	41
4.1.2.2	Korelasi antara Jumlah Sel Hidup <i>Lactobacillus</i> sp. dengan Sintasan Larva Udang Vaname yang Diberi Hasil Kultur <i>Thalassiosira</i> sp. Menggunakan Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeolit Alam Selama 6 hari.	42
4.1.2.3	Kualitas Media Pemeliharaan Larva Udang Vaname yang Diberi Hasil Kultur <i>Thalassiosira</i> sp. Menggunakan Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam, dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeolit Alam Selama 6 Hari	43
4.2	Pembahasan	44
4.2.1	Kemampuan Vermikompos dan Zeolit Alam dalam Meningkatkan Jumlah Sel Hidup <i>Lactobacillus</i> sp. dan Kepadatan Sel Hidup <i>Thalassiosira</i> sp... ..	44
4.2.2	Pemberian Hasil Kultur <i>Thalassiosira</i> sp. Menggunakan Vermikompos dan Zeolit Alam dalam Meningkatkan Jumlah Sel Hidup <i>Lactobacillus</i> sp. dan Sintasan Larva Udang Vaname	46
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	48
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan unsur hara vermikompos	22
2. Komponen utama zeolit alam Lampung	23
3. Rancangan percobaan	26
4. Komposisi pemberian pupuk untuk masing-masing perlakuan dalam kultur <i>Thalassiosira</i> sp.	29
5. Komposisi pakan setiap stadia larva udang vaname	32
6. Parameter kualitas air media kultur <i>Thalassiosira</i> sp. dan larva udang vaname	35
7. Kepadatan sel hidup <i>Thalassiosira</i> sp.	37
8. Rata-rata kualitas media kultur <i>Thalassiosira</i> sp selama 10 hari	40
9. Sintasan larva udang vaname	41
10. Rata-rata kualitas media pemeliharaan larva udang vaname selama 6 Hari	43
11. Log kepadatan sel hidup <i>Thalassiosira</i> sp. (sel/mL)	59
12. Log jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. pada media kultur <i>Thalassiosira</i> sp. (CFU/mL).	59
13. Log jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. pada media larva udang vaname (CFU/mL)	59
14. Sintasan larva udang vaname (%)	59
15. Hasil uji ANOVA kepadatan sel hidup <i>Thalassiosira</i> sp.	60
16. Hasil uji lanjut <i>Duncan</i> kepadatan sel hidup <i>Thalassiosira</i> sp.	60
17. Hasil uji ANOVA log jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. pada media kultur <i>Thalassiosira</i> sp.	60
18. Hasil uji lanjut <i>Duncan</i> jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. pada media kultur <i>Thalassiosira</i> sp	60
19. Hasil uji ANOVA jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. pada media larva udang vaname	61
20. Hasil uji lanjut <i>Duncan</i> jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. pada media larva udang vaname.	61
21. Hasil uji ANOVA sintasan larva udang vaname	61
22. Hasil uji lanjut <i>Duncan</i> sintasan larva udang vaname	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi udang vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	8
2. Siklus hidup udang vaname	9
3. Morfologi <i>Thalassiosira</i> sp.	13
4. Pertumbuhan sigmoid fitoplankton	14
5. Tahapan kultur mikroalga pada media agar hingga kultur massal	17
6. Hasil kultur <i>Thalassiosira</i> sp. pada media agar	18
7. Hasil kultur <i>Thalassiosira</i> sp. pada skala erlenmeyer	18
8. Proses kultur <i>Thalassiosira</i> sp. pada skala toples	19
9. Pupuk vermikompos dari kotoran cacing tanah	21
10. Struktur zeolit alam	23
11. Bagan alir penelitian	27
12. Tahap pengkulturan <i>Thalassiosira</i> sp. skala toples	30
13. Tahap pemeliharaan larva udang vaname	31
14. Daerah penghitungan sel pada hemositometer	33
15. Kepadatan rata-rata sel hidup <i>Thalassiosira</i> sp. pada tiap perlakuan selama 10 hari kultur	38
16. Jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. pada media kultur <i>Thalassiosira</i> sp. pada tiap perlakuan.	39
17. Korelasi antara jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. dengan kepadatan sel hidup <i>Thalassiosira</i> sp.pada tiap perlakuan selama 10 hari.	39
18. Jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. pada media pemeliharaan larva udang vaname pada tiap perlakuan.	42
19. Korelasi antara jumlah sel hidup <i>Lactobacillus</i> sp. dengan sintasan larva udang vaname yang diberi hasil kultur <i>Thalassiosira</i> sp. pada tiap perlakuan selama 6 hari	42
20. Bahan-bahan yang digunakan dalam peneliti	62
21. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian	63
22. Proses kultur <i>Thalassiosira</i> sp. menggunakan vermikompos dan zeolit alam dengan	

yang tidak	64
23. Kepadatan sel <i>Thalassiosira</i> sp. dibawah mikroskop optik dengan bantuan hemositometer	64
24. Proses penghitungan sel hidup <i>Thalassiosira</i> sp. menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 10x dan dibantu dengan optilab	64
25. Larva udang vaname yang telah memasuki stadia <i>mysis</i> 3 setelah 6 hari pemeliharaan dari masing-masing perlakuan	65
26. Proses penebaran naupli udang vaname pada ember berisi 12 L air	65
27. Proses pemanenan larva udang vaname setelah pemeliharaan 6 hari	65
28. Proses pengamatan sampel larva udang vaname dengan bantuan mikroskop	66
29. Proses pengukuran kualitas air media larva udang vaname	66
30. Proses penuangan media GYP pada cawan petri	66
31. Proses inokulasi sampel air pada media GYP	66
32. Penghitungan koloni <i>Lactobacillus</i> sp. menggunakan <i>colony counter</i>	66

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Usaha budidaya udang vaname di Indonesia semakin giat dilakukan, baik secara tradisional dengan padat tebar rendah maupun secara intensif dengan padat tebar yang cukup tinggi untuk dapat memenuhi permintaan pasar. Pada tahun 2021 udang menjadi komoditas unggul ekspor hasil perikanan Indonesia yaitu mencapai 41,56% dari total nilai ekspor, dengan pasar utamanya adalah Amerika Serikat, Tiongkok, Jepang, negara-negara ASEAN, 27 negara Uni Eropa dan Australia (KKP, 2021). Peningkatan permintaan pasar terhadap udang vaname harus diimbangi oleh peningkatan kualitas udang, agar total ekspor udang ditahun berikutnya semakin meningkat.

Ketersediaan udang vaname yang berkualitas tinggi sangat bergantung pada kualitas larva udang yang diproduksi, larva udang yang baik memungkinkan hasil panen yang baik. Berdasarkan SNI 01-7252 (2006), larva udang yang berkualitas baik memiliki warna tubuh transparan, isi usus tidak terputus, pergerakan renang yang aktif dengan kepala mengarah ke dasar air, kondisi organ lengkap serta ekor mengembang saat memasuki stadia post larva (PL. 10). Agar dapat memenuhi standar mutu larva udang yang baik, perlu diperhatikan manajemen pakan karena pertumbuhan larva udang pada setiap stadia dipengaruhi oleh komposisi pakan yang diberikan terutama pada stadia *zoea* dan *mysis* yang rentan terhadap kematian. Hasil penelitian Eloovara (2001) membuktikan bahwa, stadia *zoea* sangat rentan mengalami kematian hingga mencapai 90% sebelum memasuki stadia *mysis*. Pada stadia *zoea*, larva udang vaname mengalami *moulting* sebanyak 3 kali dan membutuhkan nutrisi yang cukup untuk dapat memasuki stadia *mysis*.

Kadar protein pakan yang dibutuhkan larva udang bervariasi tergantung pada stadiannya. Stadia *zoea* membutuhkan protein sebanyak 30% , pada stadia *mysis* kebutuhan protein meningkat menjadi 50% - 60% dan menurun pada stadia post larva yaitu menjadi 40% (Benchmark company, 2021). Pada stadia *zoea* dan *mysis*, larva udang mengalami *moulting* sebanyak 3 kali

sehingga membutuhkan protein dan lemak yang tinggi. Menurut Herawati dan Johannes (2015) pada proses *moulting* larva udang mengeluarkan 60% energinya sehingga ketersediaan lemak dalam pakan sangat dibutuhkan larva untuk mengembalikan energi selama *moulting*. Protein dibutuhkan untuk memperbaiki jaringan pada tubuh larva. Karbohidrat merupakan sumber energi bagi larva udang. Namun, pada stadia larva udang jumlah karbohidrat yang dibutuhkan sedikit, karena larva udang dalam fase pertumbuhan yang sangat pesat sehingga yang banyak dibutuhkan adalah protein dan lemak.

Kebutuhan nutrisi larva udang vaname di tiap stadia pertumbuhannya dapat diperoleh dari pakan alami. Pada stadia *zoea*, larva udang vaname bersifat herbivora (Farchan, 2006) sehingga membutuhkan pakan alami berupa mikroalga yang mengandung berbagai nutrisi pendukung pertumbuhan. Salah satu jenis mikroalga yang banyak digunakan sebagai pakan alami dalam usaha pembenihan udang adalah *Thalassiosira* sp. Kandungan nutrisi *Thalassiosira* sp. memenuhi syarat pertumbuhan larva udang vaname. *Thalassiosira* sp. mempunyai kandungan protein sekitar 21,85-37 %, kandungan karbohidrat 17-21 % dan kandungan lemak sekitar 2,41-10 % (Erlina *et al.*, 2004). Kandungan protein *Thalassiosira* sp. yang tinggi mendukung pertumbuhan larva udang vaname.

Ketersediaan mikroalga sebagai sumber nutrisi larva udang vaname pada habitat alaminya sangat melimpah. Pada proses budidaya, *Thalassiosira* sp. dikultur menggunakan pupuk buatan (pupuk komersial) sebagai sumber makronutrien dan mikronutrien. Pupuk buatan merupakan jenis pupuk yang dibuat oleh manusia dalam skala industri dengan cara mencampur berbagai bahan kimia sehingga mempunyai kandungan hara yang tinggi (Fatimah, 2011). Berdasarkan data Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia (APPI), di tahun 2018 penggunaan pupuk urea naik 5%, penggunaan pupuk NPK naik 7,88%, penggunaan pupuk fosfat naik 0,17%, serta penggunaan pupuk ZA naik 2,46% (APPI, 2022). Penggunaan pupuk buatan dalam budidaya perairan secara terus menerus, dapat meningkatkan resiko pencemaran lingkungan. Limbah budidaya yang berupa bahan kimia dari pupuk buatan jika tidak dikelola dengan baik sebelum dibuang ke lingkungan akan menyebabkan pencemaran. Pada tahun 2016, puluhan ikan mati di sungai Martapura. Menurut Kepala Badan Lingkungan Hidup Kota Banjarmasin (2016), limbah pupuk pertanian dan limbah pakan ikan keramba yang menyebabkan *blooming algae* dan rendahnya jumlah oksigen terlarut dalam air. Akibatnya terjadi persaingan untuk mendapatkan oksigen yang tersedia antara alga dan ikan dalam proses respirasi. Selain itu, penggunaan pupuk buatan dalam budidaya meningkatkan biaya produksi karena harga pupuk buatan lebih mahal

dibandingkan dengan pupuk alami. Oleh sebab itu, penggunaan pupuk buatan dalam kultur *Thalassiosira* sp. perlu diimbangi dengan penggunaan pupuk alami. Selain untuk menekan biaya produksi juga agar tercipta budidaya perairan yang berkelanjutan.

Pada kultur *Thalassiosira* sp., kepadatan sel dipengaruhi jenis pupuk yang diberikan. Pupuk harus memenuhi kebutuhan nutrisi. *Thalassiosira* sp. membutuhkan nutrisi makronutrien N, P, K, Na, Si, dan Ca maupun mikronutrien yaitu Fe, Zn, Cu, Mg, Mo, Co, B, dan lain-lain (Andersen, 2005). Keberhasilan kultur *Thalassiosira* sp. juga didukung oleh adanya bakteri probiotik yang dapat diperoleh dari alam salah satunya dari vermikompos.

Vermikompos atau kascing adalah pupuk hasil metabolisme cacing tanah, diketahui mengandung unsur hara N (1,182%), P (458,748 ppm), C (39,532%), K (1,504%), Ca (0,208%), Sulfat (0,626%), BO (68,158%), Fe (1,174%), Zn (174,032 ppm), Mg (0,048%), Mn (1.610,676 ppm) (Palungkun, 2010) yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroalga. Hasil penelitian Fauziah dan Hatta (2015) dan Muliani *et al.* (2018) membuktikan bahwa penggunaan vermikompos dalam media kultur *Skeletonema costatum* dan *Spirulina* sp. meningkatkan kepadatan sel mikroalga, karena vermikompos mengandung nitrogen, kalium, dan fosfat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroalga (Cahyaningsih *et al.*, 2005). Unsur hara vermikompos juga merangsang pertumbuhan bakteri probiotik *Lactobacillus* sp. yang baik bagi kultur mikroalga.

Bahan organik yang terdapat pada media kultur, tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh mikroalga sebagai sumber nutrisi. Mikroalga memerlukan bantuan bakteri probiotik seperti *Lactobacillus* sp. untuk mendegradasi bahan-bahan organik menjadi bahan anorganik sehingga menjadi lebih tersedia bagi mikroalga (Dinas Kelautan dan Perikanan D.I.Y., 2015).

Lactobacillus sp. adalah bakteri asam laktat (BAL) yang dapat tumbuh pada media kaya akan nutrisi penunjang kehidupannya. Bakteri asam laktat membutuhkan sumber karbon berupa glukosa, sumber nitrogen berupa asam amino, vitamin B dan sumber mineral berupa Mg, Mn, dan S (Salminen *et al.*, 2004) yang dapat diperoleh dari vermikompos. Selain vermikompos, zeolit alam diketahui memiliki kandungan mineral yang dapat mempercepat perombakan bahan-bahan organik oleh bakteri *Lactobacillus* sp. Zeolit alam mengandung senyawa MnO 0,004 % (Kalista *et al.*, 2017). Hasil penelitian Barogh *et al.*, (2021), pemberian mangan, 0,006 % mampu mempercepat proses fermentasi susu oleh *Lactobacillus* sp.

Zeolit merupakan mineral alam dengan ukuran diameter pori < 20 nm (Suyanta, 2013) yang tersusun atas alumina $(\text{AlO}_4)^{3+}$ dan silika $(\text{SiO}_4)^{4+}$ (Hassanzadeh *et al.*, 2017). Aluminium menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif sehingga zeolit mampu mengikat kation dengan ikatan lemah seperti Na dan Ca (Adriany, 2011), kation Na atau Ca dapat bertukar dengan ion logam (Said *et al.*, 2008). Struktur zeolit yang berongga menjadikan *zeolit* sebagai adsorban karena mampu menyerap molekul yang berukuran sesuai dengan rongganya (Sofith *et al.*, 2020). Hasil penelitian Triyatmo (2003) membuktikan bahwa, pemberian zeolit pada media pemeliharaan lele dumbo sebanyak 0,125 mg/L, 250 mg/L, 500 mg/L mampu meningkatkan bobot tubuh lele dumbo secara berurutan sebesar 178 g, 188 g, 195 g, dan 222 g. Mineral silika yang terdapat pada zeolit diduga mampu meningkatkan kepadatan alga *Thalassiosira* sp. karena silika termasuk kelompok makronutrien bagi pertumbuhan *Thalassiosira* sp. Silika dibutuhkan mikroalga untuk membentuk dinding sel (APHA, 1992). Kekurangan silika dapat menghambat pertumbuhan sel mikroalga (Indrayani, 2022) karena dinding sel (frustul) berfungsi sebagai pengatur tekanan turgor, pelindung dari predator, menyimpan karbon dalam bentuk minyak alami atau polimer karbohidrat *chrysolaminarin* (Kawaroe *et al.*, 2010). Penelitian yang telah dilakukan Riski *et al.* (2021) membuktikan bahwa pemberian pupuk silika dengan dosis 20 ppm, memberikan pengaruh yang nyata terhadap tingkat kepadatan sel *Thalassiosira* sp. hingga mencapai 5.677.000 sel/ml.

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan kajian lanjut untuk menguji pemberian vermikompos dan zeolit alam terhadap kepadatan sel hidup *Thalassiosira* sp., probiotik *Lactobacillus* sp., dan sintasan larva udang vaname yang diberi pakan *Thalassiosira* sp. setelah dikultur menggunakan vermikompos dan zeolit alam.

1.2 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menguji pemberian pupuk vermikompos dan zeolit alam terhadap peningkatan jumlah probiotik *Lactobacillus* sp. pada kultur *Thalassiosira* sp.
2. menguji pemberian pupuk vermikompos dan zeolit alam terhadap peningkatan kepadatan sel *Thalassiosira* sp.
3. menguji pemberian hasil kultur *Thalassiosira* sp. yang dipupuk dengan menggunakan vermikompos dan zeolit alam terhadap peningkatan jumlah probiotik *Lactobacillus* sp.

4. menguji pemberian hasil kultur *Thalassiosira* sp. yang dipupuk dengan vermikompos dan zeolit alam terhadap peningkatan sintasan larva udang vaname.

1.3 Kerangka Pemikiran

Keberhasilan budidaya udang vaname dipengaruhi oleh kualitas larvanya. Kualitas larva tergantung dari jenis pakan yang diberikan, pakan harus memenuhi kebutuhan nutrisi terutama pada stadia *zoea* dan *mysis* yang masih rentan terhadap kematian.

Thalassiosira sp. merupakan mikroalga yang banyak digunakan sebagai pakan alami dalam budidaya udang vaname, karena kandungan protein, karbohidrat, dan lemaknya yang tinggi masing-masing 21,85-37 %, 17-21 %, dan 2,41-10 % sehingga dapat memenuhi kebutuhan akan pertumbuhan larva udang vaname.

Agar kebutuhan pakan untuk budidaya larva udang vaname terpenuhi, diperlukan kultur *Thalassiosira* sp. Terdapat dua jenis pupuk yang digunakan dalam kultur *Thalassiosira* sp. yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pada penelitian-penelitian sebelumnya terbukti bahwa vermikompos sebagai pupuk organik kultur mikroalga *Skeletonema costatum* dan *Spirulina* sp. mampu meningkatkan kepadatan sel. Vermikompos merupakan hasil perombakan bahan-bahan organik oleh cacing tanah yang diketahui mengandung unsur hara N, P, C, K, Ca, Sulfat, BO, Fe, Zn, Mg, dan Mn. Kandungan unsur hara pada vermikompos, dimanfaatkan mikroalga secara maksimal untuk pembelahan sel dan aktivitas metabolismenya. Vermikompos juga diketahui mampu merangsang pertumbuhan bakteri pengurai seperti *Lactobacillus* sp. sehingga mempercepat proses degradasi bahan-bahan organik pada media kultur menjadi bahan anorganik seperti nitrat dan fosfat yang dapat digunakan langsung oleh *Thalassiosira* sp. untuk mendukung kelangsungan hidupnya.

Zeolit alam merupakan batuan mineral anorganik diketahui mengandung unsur aluminium dan silika. Aluminium pada zeolit menyebabkan zeolit bermuatan negatif sehingga mampu mengikat kation dan bersifat sebagai absorban. Silika pada zeolit diduga mampu meningkatkan kepadatan sel *Thalassiosira* sp. karena silika termasuk makronutrien yang dibutuhkan *Thalassiosira* sp. untuk pembentukan dinding sel yang berfungsi sebagai pengatur tekanan turgor, pelindung dari predator, dan menyimpan karbon dalam bentuk minyak alami. Penelitian

sebelumnya membuktikan, pemberian pupuk silika dengan dosis 20 ppm meningkatkan kepadatan sel *Thalassiosira* sp.

Kajian pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh sumber nutrisi alternatif terbaik untuk kultur *Thalassiosira* sp. Dalam penelitian ini digunakan vermikompos dan zeolit alam yang murah dan mudah didapat sebagai sumber nutrisi *Thalassiosira* sp. Perbedaan penggunaan vermikompos dan zeolit alam sebagai pupuk alami diuji dengan membandingkan kepadatan sel hidup *Thalassiosira* sp, jumlah probiotik *Lactobacillus* sp., serta sintasan larva udang vaname yang diberi pakan *Thalassiosira* sp. setelah dikultur menggunakan vermikompos dan zeolit alam.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. terdapat peningkatan jumlah probiotik *Lactobacillus* sp. pada kultur *Thalassiosira* sp. yang diberi pupuk vermikompos dan zeolit alam.
2. terdapat peningkatan kepadatan sel *Thalassiosira* sp. pada kultur yang diberi pupuk vermikompos dan zeolit alam.
3. terdapat peningkatan jumlah probiotik *Lactobacillus* sp. pada pemberian hasil kultur *Thalassiosira* sp. yang diberi pupuk vermikompos dan zeolit alam.
4. terdapat peningkatan sintasan larva udang vaname pada pemberian hasil kultur *Thalassiosira* sp. yang diberi pupuk vermikompos dan zeolit alam.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vaname merupakan salah satu jenis krustasea yang berasal dari pantai barat Amerika dan resmi diizinkan masuk ke Indonesia melalui SK Menteri Kelautan dan Perikanan RI.No.41/2001. Hingga pada bulan Januari-April 2021, udang menjadi primadona ekspor komoditas kelautan dan perikanan di Indonesia karena mampu menyumbang 41,56 % terhadap total nilai ekspor (KKP, 2021). Tingginya permintaan pasar terhadap udang vaname karena daging udang vaname mengandung komposisi kimia yang dibutuhkan tubuh manusia. Berat kering daging udang vaname diketahui mengandung protein (70,81%), lemak (2,99%), karbohidrat (22,29%), abu (3,90%), dan serat kasar (2,85%) (Verdian *et al.*, 2021). Kandungan protein yang tinggi pada daging udang berperan dalam pembentukan sel dan jaringan baru serta memproduksi berbagai enzim dan hormon didalam tubuh.

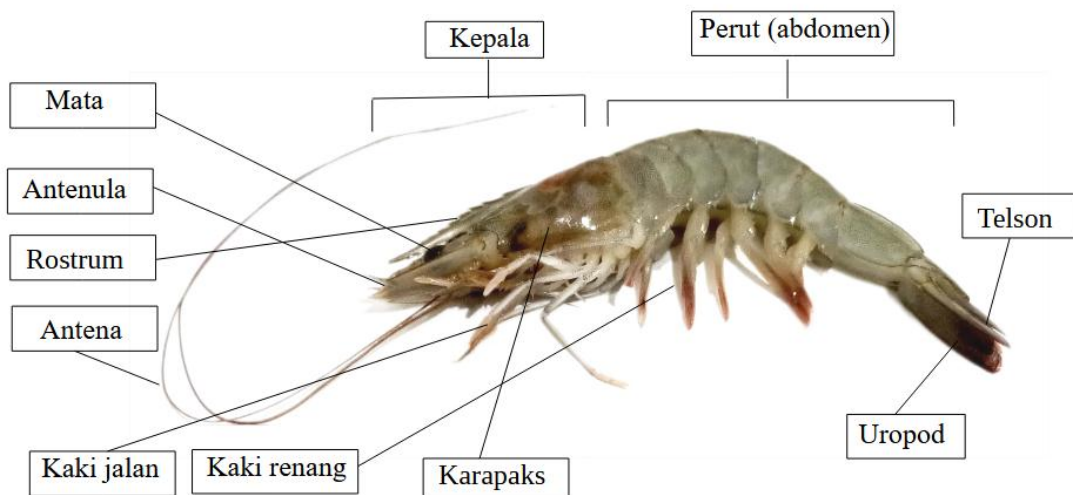
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Udang Vaname

Klasifikasi udang vaname (Erlangga, 2012):

Kingdom	: Animalia
Subkingdom	: Metazoa
Filum	: Arthropoda
Subfilum	: Crustacea
Kelas	: Malacostraca
Subkelas	: Eumalacostraca
Superordo	: Eucarida
Ordo	: Decapoda
Subordo	: Dendrobranchiata
Famili	: Penaeidae
Genus	: <i>Litopenaeus</i>
Spesies	: <i>Litopenaeus vannamei</i> .

Udang vaname digolongkan dalam ordo Decapoda sebab tubuhnya memiliki karapaks yang berkembang menutupi bagian kepala dan dada yang menjadi satu (cephalothorax). Sedangkan tergolong dalam family Penaeidae karena udang vaname betina menetas telur-telurnya diluar tubuh dan dibagian kepala terdapat rostrum. Rostrum udang vaname memanjang dan terdapat 2-4 gigi di bagian tepi ventral dan 8-9 gigi di bagian dorsal (FAO, 2011).

Udang vaname dikenal sebagai udang putih karena memiliki tubuh berwarna putih transparan dan panjang tubuhnya bisa mencapai 23 cm (Marfa'ati, 2016), dengan rata-rata bobot tubuh Mencapai 30-45 gr/ekor. Terdapat dua bagian tubuh dari udang vaname yaitu bagian kepala dan perut (Gambar 1). Bagian kepala yang menyatu dengan bagian dada disebut cephalothorax. Pada bagian kepala terdapat antena, antenula, sepasang mata majemuk, rostrum, serta terdapat 5 pasang kaki jalan (periopoda). Bagian abdomen udang vaname terdiri atas 6 ruas yang terdapat kaki renang (pleopoda), dan pada bagian ujung ruas ke 6 terdapat uropod serta telson, yang berfungsi sebagai kemudi. Pada bagian pangkal ujung ekor udang vaname juga terdapat anus untuk mengeluarkan sisa metabolisme udang dari saluran pencernaan (Arifin *et al.*, 2007).



Gambar 1. Morfologi udang vaname

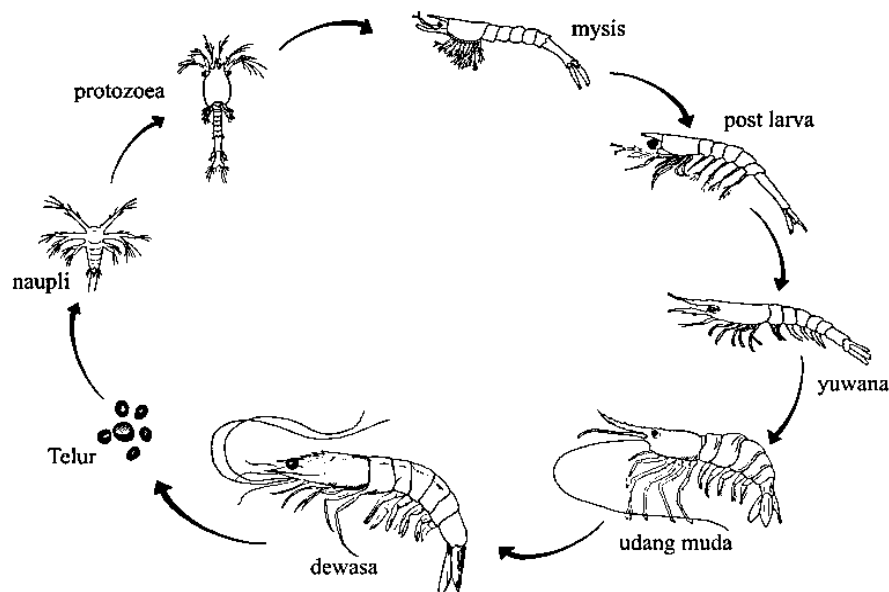
Tubuh udang vaname dilindungi eksoskeleton (karapas), yang tersusun dari zat kitin yang disekresikan oleh jaringan kulit. Menurut Manoppo (2011), eksoskeleton tidak dapat membesar mengikuti pertumbuhan tubuh udang vaname, sehingga tahap pertumbuhannya diikuti dengan pelepasan eksoskeleton (*moulting*) dan pembentukan eksoskeleton baru. Semakin sering udang

mengalami *moulting* maka pertumbuhannya semakin baik. Semakin bertambahnya ukuran udang maka semakin menurun frekuensi terjadinya *moulting* (FAO, 2011).

2.1.2 Habitat dan Siklus Hidup Udang Vaname

Indonesia terletak di garis khatulistiwa, sehingga memiliki musim hujan dan kemarau yang tetap. Kondisi ini menyebabkan udang vaname dapat dibudidayakan di Indonesia karena jenis udang ini mampu hidup di air laut maupun payau sebab kemampuannya dalam beradaptasi terhadap perubahan salinitas (Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, 2011). Berdasarkan SNI 01-7246-2006, air dengan salinitas 15-25 ppt, suhu 28,5-31,5 °C, dan pH 7,5-8,5 cocok untuk pertumbuhan udang vaname. Daerah pasang surut serta hutan mangrove menjadi habitat yang disukai udang vaname, karena merupakan tempat berlindung serta terdapat banyak sumber nutrisi bagi pertumbuhan larva sebelum akhirnya dewasa dan kembali ke laut (Elovaara, 2001).

Udang vaname menyukai dasar laut yang mengandung campuran lumpur berpasir (Haliman dan Adijaya, 2006). Udang vaname dewasa akan melakukan pemijahan di laut terbuka, dan larva akan berpindah ke daerah pesisir pantai (daerah estuaria) seperti hutan mangrove yang banyak terdapat sumber nutrisi untuk mendukung pertumbuhannya. Ketika dewasa udang vaname kembali ke laut untuk melakukan pemijahan (Wyban dan Sweeney, 1991).



Gambar 2. Siklus hidup udang vaname (WWF, 2014).

Siklus hidup udang vaname dimulai dari terjadinya perkawinan antara induk jantan dan betina hingga menghasilkan telur, telur-telur menetas dan memasuki stadia naupli, stadia *zoea*, stadia *mysis*, stadia post larva, hingga memasuki fase dewasa (Gambar 2). Induk betina udang vaname yang telah matang telur akan mengeluarkan feromon untuk menarik perhatian induk jantan hingga terjadi perkawinan. Sperma akan menempel selama 4-5 jam pada daerah telikum betina hingga akhirnya induk betina akan mengeluarkan sel telur dan terjadi pembuahan. Udang akan bertelur setelah 1-2 jam pasca perkawinan (Rusmiyati, 2012), dan jumlah telur yang dihasilkan untuk satu ekor induk betina pada setiap siklusnya mencapai 500.000 – 1000.000 telur. Setelah telur menetas akan menjadi naupli. Stadia naupli berlangsung selama 46-50 jam yang terdiri dari enam substadia. Stadia naupli udang vaname berukuran 0,32-0,58 mm dan dicirikan dengan sudah terbentuknya tiga organ tubuh yaitu antena pertama, antena kedua dan mandible (Haliman dan Adijaya, 2005). Namun pada stadia naupli belum memerlukan pakan karena masih terdapat kuning telur sebagai sumber nutrisi bagi naupli udang vaname untuk memasuki stadia berikutnya yaitu stadia *zoea* (Martosudarmo dan Ranumiharjo, 1983; Rusmiyati, 2012).

Stadia *zoea* larva udang vaname terdiri dari 3 substadia dan berlangsung selama 3-4 hari sebelum memasuki stadia *mysis* (Martosudarmo dan Ranumiharjo, 1983; Rusmiyati, 2012). Perkembangan masing-masing substadia tersebut terlihat dari segmentasi abdomen (bagian lateral hingga bagian dorsal). Pada stadia *zoea* larva udang vaname berukuran 1,05-3,30 mm. Pergantian stadia dari naupli hingga menjadi *zoea* membutuhkan waktu kurang lebih 40 jam setelah telur menetas (Wyban dan Sweeney, 1991). Berbeda dengan stadia naupli, saat memasuki stadia *zoea* larva udang vaname mulai membutuhkan pakan tambahan berupa mikroalga seperti *Thalassiosira* sp. karena pada stadia ini larva udang vaname bersifat herbivor (Farchan, 2006). Komposisi pakan yang diberikan pada stadia *zoea* mempengaruhi perkembangan larva di stadia selanjutnya. Ketidak tepatan komposisi pakan yang diberikan akan menghambat larva udang vaname memasuki stadia *mysis*.

Stadia *mysis* adalah stadia ketiga larva udang vaname, dimana pada stadia ini terdiri dari tiga substadia dan berlangsung kurang lebih 3-4 hari. Perkembangan tiap substadia terlihat dari bagian dada dan kaki renang. Ukuran larva udang vaname pada stadia *mysis* lebih besar dari stadia sebelumnya, yaitu berkisar antara 3,50-4,80 mm. Terlihat lebih dewasa dari stadia sebelumnya (Wyban dan Sweeney, 1991). Setelah melewati substadia *mysis* tiga, larva udang vaname mulai memasuki stadia post larva. Pada stadia ke empat ini, larva udang vaname sudah memiliki kaki renang berambut yang digunakan untuk berenang. Pada stadia post larva struktur

tubuh udang seperti udang dewasa (Erlangga, 2012). Perkembangan pada masing-masing substadia ini terjadi diiringi dengan pergantian kulit (*moulting*) hingga menjadi udang muda dan dewasa.

2.1.3 Kebutuhan Nutrisi Pakan Udang Vaname

Nutrisi merupakan senyawa organik yang dibutuhkan oleh udang untuk menunjang kehidupan di setiap stadia pertumbuhannya. Udang vaname tergolong hewan pemakan segala. Fitoplankton dan zooplanton adalah makanan yang sering dimakan udang vaname (Kordi, 2010). Udang vaname mencari dan mendeteksi adanya makanan dengan bantuan organ sensor (*setae*) yang mampu mengeluarkan sinyal kimiawi berupa getaran. Organ sensor ini terletak pada ujung antenula, antena, capit, bagian mulut, serta maxilliped (Aulia, 2018). Organ sensor akan memberikan respon setiap sumber pakan, bila pakan terdeteksi mengandung protein, asam lemak serta asam amino maka secara otomatis udang akan mendekati sumber pakan dengan menggunakan kaki jalannya yang dilengkapi oleh capit untuk membantunya memasukkan pakan kedalam mulut. Setelah pakan masuk ke dalam mulut, maka akan diteruskan kedalam kerongkongan serta esophagus. Jika pakan yang terdeteksi oleh organ sensor berukuran besar, maka pakan akan dicerna secara kimiawi oleh maxilliped yang berada di dalam mulut sebelum diteruskan kedalam saluran pencernaan selanjutnya (Haliman dan Adijaya, 2006).

Jenis pakan udang vaname disetiap stadia pertumbuhan berbeda-beda. Pada stadia awal yaitu naupli, udang vaname belum membutuhkan pakan tambahan sebagai sumber nutrisinya karena naupli memiliki kuning telur sebagai sumber nutrisi, namun kondisi ini hanya berlangsung sekitar 24-40 jam sebelum larva udang vaname memasuki stadia *zoea*. Pada saat memasuki stadia *zoea*, larva udang vaname bersifat herbivor dan memakan berbagai jenis fitoplanton seperti *Skeletonema costatum*, *Chlorella* sp., dan *Thalassiosira* sp. yang diketahui memiliki kandungan nutrisi seperti protein, karbohidrat, dan lemak yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan. Menurut Panjaitan *et al.* (2014) *Thalassiosira* sp. mengandung protein 44,5%, karbohidrat 26,1%, dan lipid 11,8% dari berat keringnya. Jenis fitoplankton ini memiliki diameter tubuh 4,32 μm sehingga cocok dikonsumsi oleh larva udang vaname sebelum memasuki stadia post larva karena sesuai dengan bukaan mulutnya yang masih bersifat herbivor. Hasil penelitian Devianti *et al.* (2022) membuktikan pemberian *Thalassiosira* sp. sebagai pakan alami larva udang vaname pada stadia *zoea* hingga stadia *mysis* secara tunggal

maupun kombinasi dengan *Chorella* sp. dapat meningkatkan sintasan. Sifat karnivor larva udang vaname akan muncul ketika memasuki stadia post larva, yaitu pada hari kedelapan setelah telur menetas dan mulai mendeteksi hewan-hewan kecil seperti artemia sebagai makanannya (Hermawan, 2007).

Artemia adalah zooplankton yang memiliki kandungan protein, lemak, karbohidrat serta asam amino yang dibutuhkan larva udang. Saluran pencernaan larva udang masih sederhana sehingga jasad renik dengan nutrisi tinggi seperti artemia yang mengandung protein hingga 63% dari berat keringnya (Utomo *et al.*, 2017), sehingga cocok dijadikan sebagai sumber pakan larva udang vaname. Selain fitoplankton dan zooplankton, dikehidupan alaminya udang vaname memakan detritus serta bahan organik lainnya yang dapat mencukupi kebutuhan nutrisi tubuh. Menurut Kordi (2007) udang vaname membutuhkan sumber pakan yang mengandung protein 32-38%.

2.2 *Thalassiosira* sp.

Thalassiosira sp. merupakan jenis diatom yang menghuni perairan laut maupun tawar. *Thalassiosira* sp. banyak ditemukan di pesisir laut, muara, dan laut terbuka (Flickinger, 2016; Javeed *et al.*, 2018). *Thalassiosira* sp. mampu hidup pada kisaran suhu 10-30 °C dengan suhu optimal pertumbuhan sekitar 21 °C (Kipp, 2007), pH 8,0 dan 9,4 (Barajas *et al.*, 2006) dan salinitas 25-50 ppt (Garcia *et al.*, 2012). Jenis diatom ini bersifat uniseluler, selnya terdapat membran inti dan memiliki kemampuan untuk mengubah senyawa anorganik menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis menggunakan senyawa klorofil yang dimiliki.

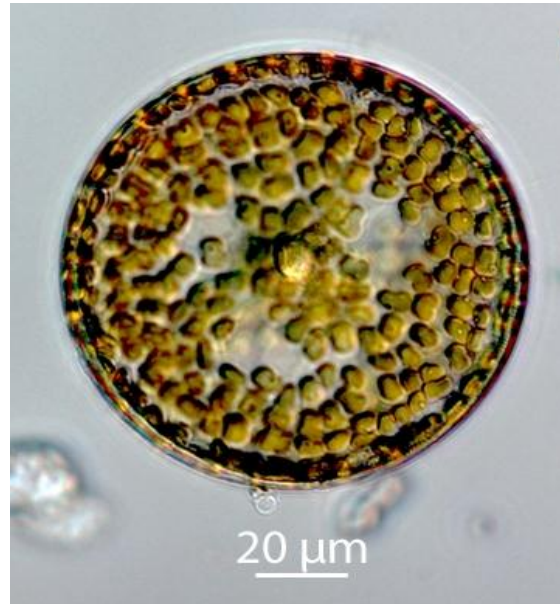
2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi *Thalassiosira* sp.

Klasifikasi *Thalassiosira* sp. menurut Kacivlek *et al.* (2005) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Chromista
Filum	: Ochrophyta
Subfilum	: Khakista
Kelas	: Bacillariophyceae
Subkelas	: Coscinodiscophycidae

Ordo : Thalassiosirales
Famili : Thalassiosiraceae
Genus : *Thalassiosira*
Spesies : *Thalassiosira* sp.

Morfologi *Thalassiosira* sp. dapat dilihat pada Gambar 3.



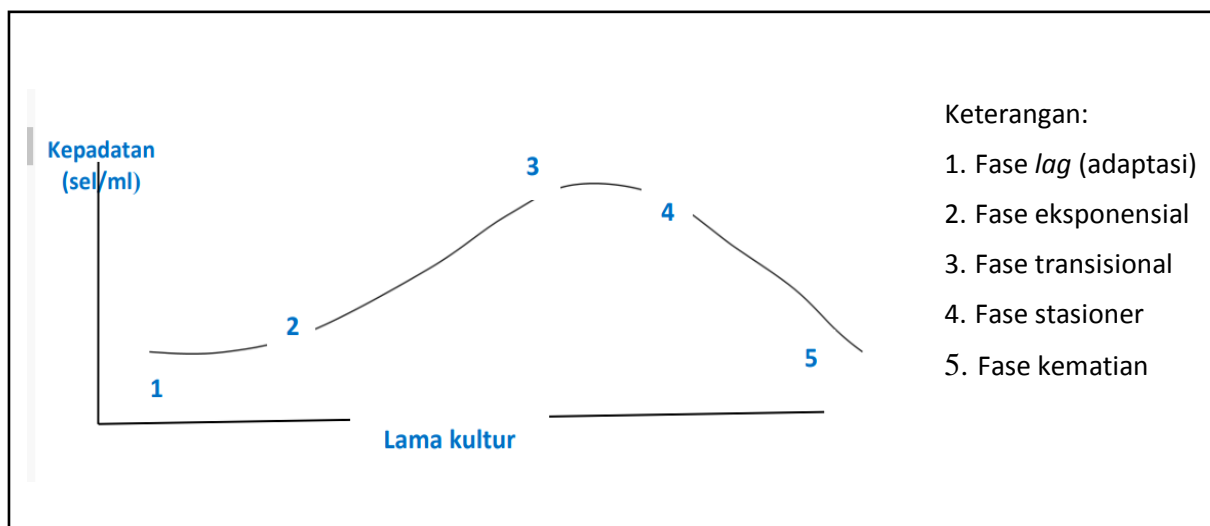
Gambar 3. Morfologi *Thalassiosira* sp. (Volk, 2015)

Thalassiosira sp. memiliki karakter tubuh berbentuk silindris pendek dengan diameter berkisar antara 4-32 μm (Edhy *et al.*, 2003) dan pada bagian dinding selnya tersusun atas silika yang menyebabkan diatom ini dapat tersimpan dalam kurun waktu yang lama didalam sedimen. Kalium dan silika banyak dibutuhkan oleh diatom untuk membentuk komposisi frustule pada lapisan selnya saat proses asimilasi. *Thalassiosira* sp. juga memiliki dua katup yang dibatasi oleh duri-duri dan pada bagian tepi dilapisi oleh mantel. Selain itu *Thalassiosira* sp. memiliki fultoportulae di dekat pusat katup yang mampu mensekresikan β -kitin sehingga selnya dapat selalu mengapung diperairan (Pratama, 2012).

2.2.2 Reproduksi dan Fase Pertumbuhan *Thalassiosira* sp.

Setiap makhluk hidup melakukan reproduksi, dengan tujuan untuk memperoleh keturunan dari spesiesnya. Makhluk hidup dapat melakukan reproduksi dengan proses peleburan dua gamet jantan dan betina (reproduksi seksual) atau tanpa pertukaran materi genetik dengan individu lain (reproduksi aseksual). Reproduksi *Thalassiosira* sp. dengan melakukan pembelahan sel. Setengah dari protoplasmanya berada didalam epiteka, sedangkan setengah lagi berada di dalam hipoteka yang nantinya akan menjadi individu baru. Proses pembelahan sel *Thalassiosira* sp. berlangsung hingga sel terkecil tidak mampu membelah lagi dan protoplasma membesar membentuk auxospora. Ketika cangkang terbuka, auxospora dapat keluar. Dua auxospora dapat bergabung menjadi satu hingga tumbuh menjadi individu baru yang menyerupai induknya (Kale dan Karthick, 2015). Temperatur ideal yang mampu meningkatkan pertumbuhan mikroalga pada setiap fasenya yaitu pada kisaran 24 °C - 26 °C (Hadiyanto dan Azim, 2012).

Pola pertumbuhan mikroalga terbagi menjadi 5 fase yaitu fase *lag*, fase eksponensial, fase transisional, fase stasioner, dan fase kematian. Umumnya mikroalga membutuhkan waktu 24 jam pada tiap fase pertumbuhannya. Fase akhir eksponensial adalah waktu panen terbaik mikroalga, karena fase ini merupakan puncak dari pertumbuhan (Kawaroe *et al.*, 2010). Secara visual, fase pertumbuhan mikroalga dapat diamati dari perubahan warna media kultur dari hijau muda hingga menjadi coklat tua. Hal ini dapat menjadi indikator tingkat kepadatan sel. Pola pertumbuhan fitoplanton dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pertumbuhan sigmoid fitoplanton (KKP, 2017)

Lima fase pertumbuhan mikroalga menurut Lavens dan Sorgeloos. (1996):

1. fase *lag* (adaptasi)

Fase *lag* merupakan fase penyesuaian mikroalga dengan lingkungan baru. Pada proses pengkulturan, fase ini dimulai saat setelah inokulum ditambahkan ke dalam media kultur. Media kultur perlu diberi pupuk sebagai sumber nutrisi untuk mendukung pertumbuhan mikroalga (Hadiyanto dan Azim, 2016). Pada fase *lag* kepadatan sel belum meningkat karena mikroalga masih beradaptasi dengan lingkungan baru dan terjadi defisiensi enzim atau koenzim sehingga harus disintesis terlebih dahulu agar aktivitas sel tetap berlangsung (Madigan *et al.*, 2000). Pertumbuhan pada fase ini berupa penambahan massa dan ukuran sel (Pelczar *et al.*, 1986).

2. fase eksponensial atau logaritmik

Pada fase ini sel fitoplankton telah mengalami pembelahan sel dengan laju pertumbuhan tetap. Jika digambarkan dalam kurva, pertumbuhan sel mikroalga pada fase ini berbentuk eksponensial. Kepadatan sel mikroalga dapat maksimal tergantung pada sumber nutrisi, jenis alga, intensitas cahaya dan temperatur.

3. fase transisional atau fase berkurangnya pertumbuhan relative

Pada fase ini, kecepatan pertumbuhan mikroalga melambat karena biomassa mikroalga telah mencapai titik maksimum. Setelah fase eksponensial kepadatan sel mikroalga tinggi sehingga menghalangi masuknya cahaya ke dalam media kultur (Hadiyanto dan Azim, 2016). Nutrien, cahaya, serta faktor kimia dan fisika merupakan faktor pembatas pertumbuhan mikroalga.

4. fase stasioner

Pada fase ini laju pertumbuhan mikroalga relatif sama dengan laju kematian sehingga kepadatan sel konstan. Hal ini karena aktivitas metabolisme menurun, faktor pembatas dan tingkat pertumbuhan seimbang. Kepadatan sel mikroalga rendah pada fase stasioner (Wehr *et al.*, 2015).

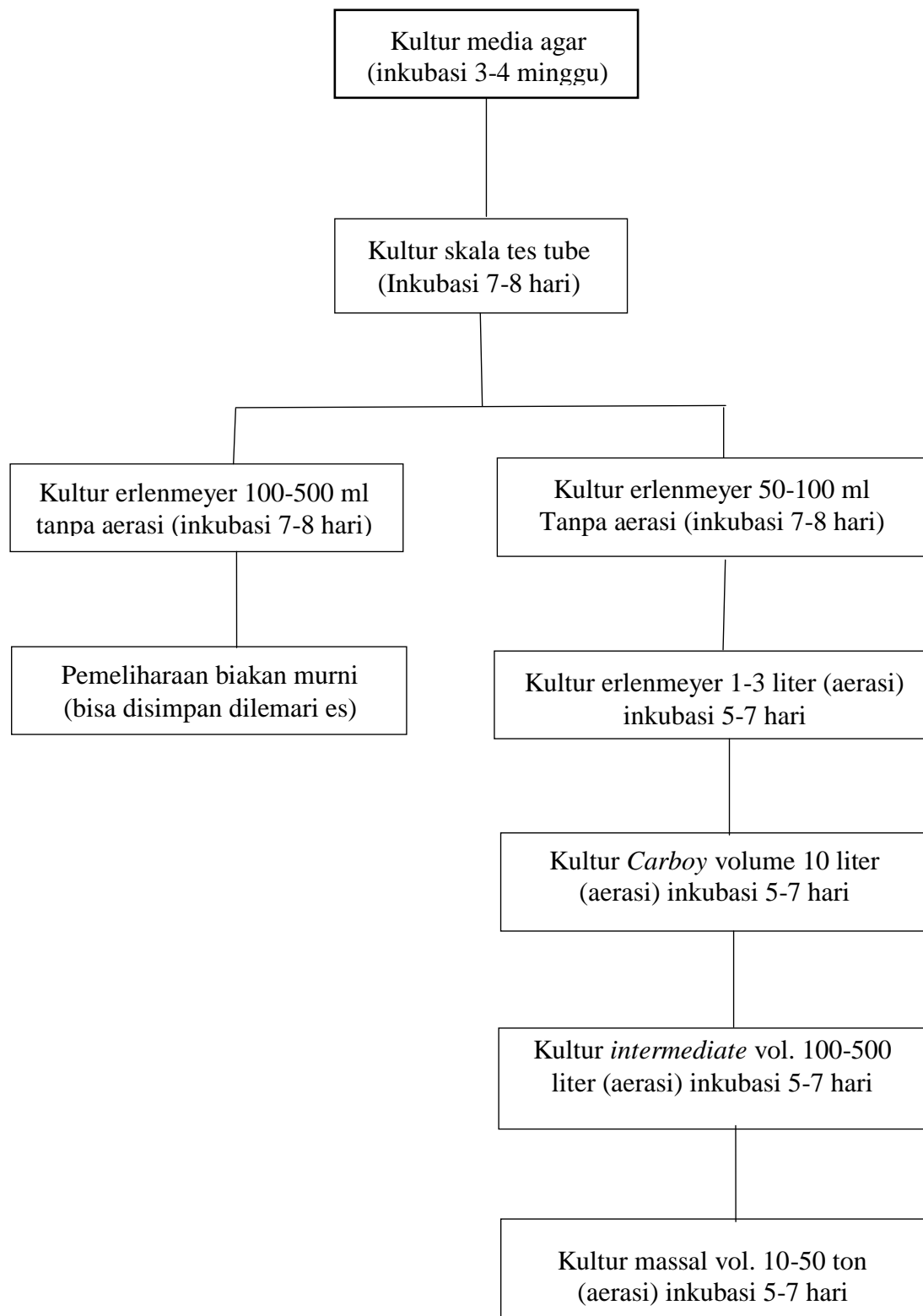
5. fase kematian

Pada fase ini kepadatan sel menurun dengan cepat karena ketersediaan pakan dan kualitas media kultur menurun. Kecepatan pertumbuhan mikroalga jauh lebih rendah dari kematian. Hal ini karena ketersediaan nutrien, suplai oksigen, dan karbondioksida yang

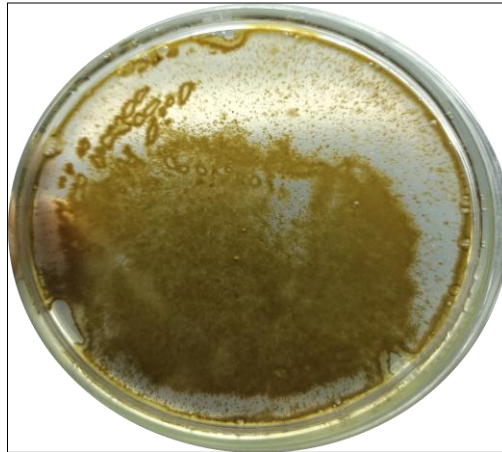
diperlukan oleh mikroalga untuk proses fotosintesis berkurang (Madigan *et al.*, 2011). Sel yang mati akan mengalami lisis dan larut dalam media kultur. Secara visual fase ini ditandai dengan perubahan warna media kultur yang semakin pekat..

2.2.3 Kultur *Thalassiosira* sp.

Kultur mikroalga harus dilakukan secara berkesinambungan. Tahapan dalam kultur mikroalga diawali dari kultur skala laboratorium, semi massal, dan massal (Sari dan Manan, 2012). Kultur skala laboratorium bertujuan untuk mendapatkan kultur murni yang akan digunakan sebagai bibit (*starter*) dalam kultur skala semi massal yang kemudian dilanjutkan dengan kultur skala massal (Gambar 5). Kultur mikroalga skala laboratorium di mulai dari kultur pada media agar, *test tube*, erlenmeyer, dan *carboy* atau toples. Kultur murni dalam media agar atau media cair yang dapat disimpan di suhu dingin hingga 6-12 bulan (KKP, 2017). *Stock* murni *Thalassiosira* sp. yang dikultur PT. Citra Larva Cemerlang Lampung menggunakan agar, dilakukan secara aseptis di dalam *laminar air flow* (LAF) agar terhindar dari kontaminasi mikroorganisme lain. Proses awal pengkulturan dengan menumbuhkan *Thalassiosira* sp. menggunakan metode *spread plate* sebanyak 100 µl ke dalam media *bacto agar* yang diberi pupuk NaNO_3 , Na_2HPO_4 , EDTA-2Na, FeCl_3 , dan silikat gel. Inokulan *Thalassiosira* sp. kemudian diletakkan pada rak kultur selama 3 - 4 minggu. Hasil kultur *Thalassiosira* sp. pada media agar dapat dilihat pada Gambar 6.



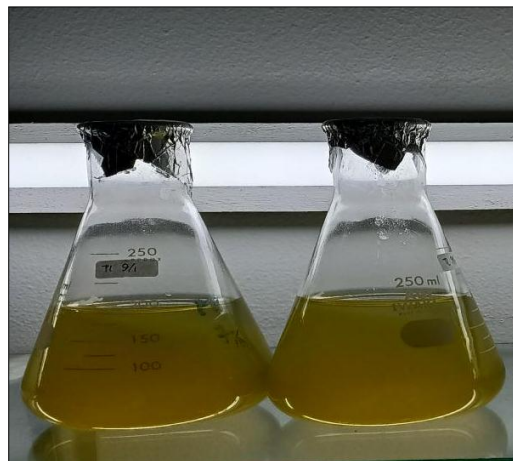
Gambar 5. Tahapan kultur mikroalga pada media agar hingga kultur massal (KKP, 2017)



Gambar 6. Hasil kultur *Thalassiosira* sp. pada media agar

Koloni *Thalassiosira* sp. yang tumbuh baik pada media agar, dikultur kembali pada *test tube* berisi 20 ml air laut steril dan diinkubasi selama 9 hari. Kultur mikroalga yang mati ditandai dengan warna media kultur yang memudar dan menjadi jernih (Kusuma dan Enny., 2014).

Thalassiosira sp. yang tumbuh baik pada *test tube* dicirikan dengan tidak terbentuknya gumpalan di dasar *test tube* dan dapat dikultur pada skala erlenmeyer. *Thalassiosira* sp. yang tumbuh baik pada *test tube* dipindahkan ke dalam erlenmeyer yang sudah diisi air laut 75 ml dengan salinitas 28-30 ppt serta pupuk, dan diinkubasi selama 7-9 hari (Gambar 7).



Gambar 7. Hasil kultur *Thalassiosira* sp. pada skala erlenmeyer



Gambar 8. Proses kultur *Thalassiosira* sp. pada skala toples

Thalassiosira sp. yang tumbuh baik pada skala erlenmeyer selanjutnya dikultur dalam skala *carboy* atau toples (Gambar 8). Bibit *Thalassiosira* sp. yang dikultur dalam skala *carboy* atau toples sebanyak 20-30% dari total volume air media kultur dan diinkubasi selama 5 - 7 hari (KKP, 2017). *Thalassiosira* sp. yang berhasil dikultur pada skala *carboy* atau toples dilanjutkan pada kultur skala semi massal dan massal. Kultur *Thalassiosira* sp. skala semi massal dan massal dilakukan di luar ruangan (*outdoor*). Pada skala kultur semi massal dan massal jumlah *Thalassiosira* sp. yang dikultur lebih banyak dari pada skala laboratorium sehingga membutuhkan tempat media kultur yang lebih besar. Pada kultur skala semi massal digunakan fiber dengan kapasitas 1 ton air. Sedangkan pada kultur skala massal digunakan bak semen dengan kapasitas 20 ton air. Jenis pupuk yang digunakan pada kultur skala *outdoor* yaitu FeCl, EDTA, NaNO₃, DSP, dan silikat. Lamanya pengkulturan tergantung dari bibit *mikroalga* yang dikultur, semakin banyak maka semakin cepat proses pengkulturan (KKP, 2017). Keberhasilan kultur *Thalassiosira* sp. dipengaruhi oleh kualitas air media kultur seperti suhu, pH, dan salinitas. Kultur *Thalassiosira* sp. baik dilakukan pada kisaran suhu 25-32 °C, pH 8,0-0,5, dan salinitas 25-35 ppt (Jati *et al.*, 2012).

2.2.4 Kebutuhan Nutrisi *Thalassiosira* sp.

Thalassiosira sp. merupakan jenis mikroalga yang berasal dari divisi Chrysophyta. Diatom ini memiliki klorofil a dan c (Suminto, 2005). Senyawa anorganik makronutrien yang dibutuhkan mikroalga dalam jumlah besar yaitu karbon, nitrogen, fosfor, dan silika, sedangkan mikronutrien yang dibutuhkan mikroalga dalam jumlah sedikit antara lain seperti kalsium, belerang, magnesium, seng, sodium, kalium, tembaga, besi, mangan, dan kobalt (Raja *et al.*, 2014).

Dari berbagai jenis nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroalga, nutrisi yang menjadi faktor pembatas pertumbuhan mikroalga adalah silika, nitrogen dan fosfor (Kawaroe *et al.*, 2010). Silika digunakan oleh mikroalga untuk membentuk dinding sel. Kekurangan silika akan menghambat pertumbuhan sel mikroalga (Indrayani, 2022). Nitrogen adalah senyawa yang dibutuhkan oleh mikroalga untuk pembentukan protein, sehingga menjadi faktor pembatas dalam pertumbuhan mikroalga. Namun, jumlah nitrogen pada media kultur yang berlebih dapat menghambat pertumbuhan mikroalga (Sayed *et al.*, 2020).

2.2.5 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Thalassiosira* sp.

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga selain nutrisi adalah faktor lingkungan (Suantika *et al.*, 2009) yaitu suhu, pH, salinitas dan intensitas cahaya (Erlangga *et al.*, 2021). Suhu media kultur mempengaruhi metabolisme mikroalga. Mikroalga tumbuh baik pada suhu media kultur berkisar 25-30 °C. Pada suhu tersebut produktifitas mikroalga optimal (Asih, 2014). pH media kultur sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. pH media kultur 6,5-8,0 baik untuk pertumbuhan mikroalga (Asriyana dan Yuliana, 2012). Salinitas merupakan konsentrasi total ion dalam media kultur, sangat dipengaruhi oleh pasokan air tawar, curah hujan pada saat kultur skala massal (*outdoor*) (Sumarno, 2013). Beberapa jenis mikroalga mampu tumbuh pada salinitas tinggi seperti diatom (Ningsih, 2017). Cahaya dibutuhkan untuk proses fotosintesis, setiap jenis *mikroalga* mempunyai kisaran intensitas cahaya optimum untuk menunjang kehidupannya. Intensitas cahaya yang dibutuhkan *Thalassiosira* sp. tidak lebih dari 12.000 lux, karena akan menurunkan pertumbuhan sel (Winanto, 2004).

2.3 Vermikompos



Gambar 9. Pupuk vermikompos dari kotoran cacing tanah (Hidayati, 2015).

Vermikompos adalah pupuk organik yang diproduksi secara alami oleh sistem pencernaan cacing tanah (Gambar 9). Cacing tanah hanya dapat merombak bahan-bahan organik yang sebelumnya telah diurai oleh mikroba. Hasil penguraian bahan organik oleh mikroba menjadi sumber makanan cacing yang kemudian dikeluarkan sebagai kotoran yang dikenal dengan vermikompos (Widya, 2012). Vermikompos mengandung banyak unsur hara sehingga dapat digunakan sebagai pupuk alami (Latupeirissa, 2011). Menurut Mashur (2001) vermikompos pada kisaran pH 6,6-7,5 mengandung banyak unsur hara dan vermikompos yang baik berwarna hitam, tidak berbau, kelembapan berkisar 40-60% dan teksturnya remah.

Tabel 1. Kandungan unsur hara vermikompos

Nama Unsur Hara	Kadar
C	20,20 %
N	1,58 %
P	70,30 mg/100 g
K	21,80 mg/100 g
Ca	34,99 mg/100 g
Mg	21,43 mg/100 g
S	153,70 mg/kg
Fe	13,50 mg/kg
Mn	661,50 mg/kg
Al	5,00 mg/kg
Na	15,40 mg/kg
Cu	1,7 mg/kg
Zn	33,55 mg/kg
Bo	34,37 mg/kg
C/N	13

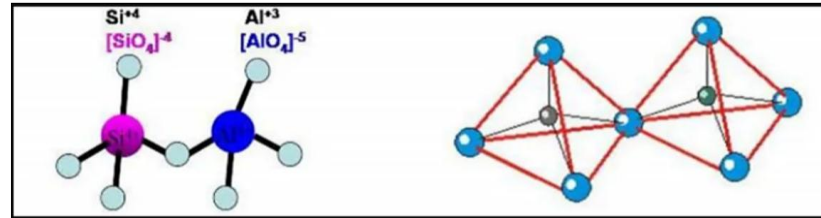
Sumber: Mashur (2001).

Vermikompos diketahui mengandung unsur hara yang dapat dilihat pada Tabel 1. Kandungan unsur hara C (20,20 %), N (1,58%), dan P (70,30 mg/100 g) pada vermikompos dapat mendukung pertumbuhan mikroalga. Unsur hara karbon dibutuhkan mikroalga sebagai sumber energi (Gulton, 2018), nitrogen untuk pembentukan protein (Sayedin *et al.*, 2020), dan fosfor untuk pembentukan asam nukleat (Tjahjo *et al.*, 2002).

2.4 Zeolit Alam

Indonesia memiliki kekayaan sumberdaya alam melimpah yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Larangan ekspor sumberdaya alam tak terbarukan yang belum dioalah tertuang dalam peraturan menteri perdagangan RI. no. 4 tahun 2014. Hal ini memberikan peluang pengembangan secara maksimal potensi sumberdaya alam yang ada (Kalista *et al.*, 2017). Salah satu mineral yang jumlahnya melimpah adalah zeolit (Razzak *et al.*, 2013). Zeolit merupakan jenis mineral alam yang terbentuk oleh tetrahedral alumina (AlO_4)³⁺ dan silika (SiO_4)⁴⁺ (Hassanzadeh *et al.*, 2017). Alumina zeolit bermuatan 3+,

kekurangan muatan dalam tetrahedral digantikan oleh kation yang ada pada lingkungan. Hal ini yang menjadikan zeolit memiliki kemampuan tukar kation (Estiaty, 2008). Selain itu, struktur zeolit yang berongga menjadikannya memiliki kemampuan sebagai absorban logam-logam seperti Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, dan Cu (Suharto, 2011). Struktur zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Struktur zeolit alam (Las, 2005).

Zeolit alam di Indonesia tersebar pada 20 provinsi dengan kapasitas 447.490.160 ton. Lampung adalah salah satu provinsi yang memiliki sumberdaya zeolit sebanyak 43.800.000 ton (Kusdarto, 2008) dengan kandungan nutrisi seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen utama zeolit alam Lampung

Komponen	Komposisi (%)	Metode
SiO ₂	63,884 ± 2,1563	Gravimetri
Al ₂ O ₃	11,407 ± 0,2938	Volumetri
Fe ₂ O ₃	0,573 ± 0,0212	AAS
MnO	0,004 ± 0,0002	AAS
MgO	0,063 ± 0,0018	AAS
CaO	0,031 ± 0,0010	AAS
K ₂ O	3,796 ± 0,0361	AAS
Na ₂ O	1,789 ± 0,0720	AAS
P ₂ O ₅	0,416 ± 0,0129	Spektrofotometri
TiO ₂	5,694 ± 0,2574	Spektrofotometri
LOI*	15,697 ± 0,2371	Gravimetri

Keterangan: *Loss of ignition (susut pemijaran) pada 1000 °C
Sumber: (Kalista *et al.*, 2017).

Terdapat 10 komponen penyusun zeolit alam Lampung yang dapat dilihat pada Tabel 2. Komponen penyusun zeolit alam Lampung didominasi oleh silika (63,884%) dan alumina (11,407%) sebagai rangka utama penyusun struktur tetrahedra zeolit. Sedangkan kandungan kation yang paling tinggi adalah kalium (3,796%) yang dapat dipertukarkan dengan kation diluar zeolit. Zeolit alam Lampung memiliki luas permukaan, jari-jari pori, dan daya serap lebih besar dibandingkan zeolit yang berasal dari Tasikmalaya dan Bayah sehingga baik digunakan sebagai penukar kation (Ginting *et al.*, 2007). Tingginya kandungan silika pada zeolit alam Lampung dapat mendukung pertumbuhan mikroalga. Silika diperlukan mikroalga dalam pembentukan dinding sel (APHA, 1992).

2.5 Probiotik *Lactobacillus* sp.

Probiotik dalam budidaya perairan sudah banyak digunakan sebagai campuran pakan dengan tujuan untuk meningkatkan mikroba yang menguntungkan. Selain itu probiotik dapat meningkatkan daya tahan tubuh, meningkatkan pertumbuhan, dan meningkatkan jumlah pakan yang diserap dan dimanfaatkan biota budidaya (Akhadiarto, 2010). Probiotik mampu melawan bakteri patogen serta mampu melakukan metabolisme dalam saluran pencernaan dengan pH asam (Fuller, 1989). Bakteri asam laktat bersifat bakteriosin, mampu memberikan efek antagonis pada bakteri patogen (Dwyana *et al.*, 2017).

Lactobacillus sp. merupakan salah satu dari bakteri asam laktat yang dapat dijadikan sebagai probiotik dalam budidaya larva udang vaname. Adanya probiotik *Lactobacillus* sp. dapat memperbaiki kondisi usus, menjaga keseimbangan bakteri dalam usus, serta mampu meningkatkan efisiensi nutrisi pakan (Gaggia *et al.*, 2010). Bakteri probiotik menghasilkan produk asam laktat sehingga suasana usus menjadi asam sehingga pertumbuhan bakteri patogen terhambat (Rahmiati *et al.*, 2019).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan November 2022 – Maret 2023 di pembenihan udang vaname PT. Citra Larva Cemerlang di Kalianda, Lampung Selatan dan Laboratorium Mikrobiologi FMIPA. Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah toples ukuran 5 L, ember ukuran 50 L, batu aerasi, selang aerasi, lampu neon 220 – 240 watt , *vial*, gelas ukur 250 mL, erlenmeyer, gelas kimia ukuran 2 L dan 500 mL, tabung reaksi, rak tabung reaksi, bunsen, cawan petri, *spreader lab*, *colony counter*, pipet tetes, *objek glass*, *cover glass*, *haemocytometer*, *hand counter*, autoklaf, timbangan analitik, *spatula*, saringan 100 mesh, *magnetic stirrer*, oven, tisu, mikroskop, *aluminium foil*, *hotplate*, termometer Hg, pH-meter, *hand refractometer*, DO-meter, dan alat tulis.

3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah bibit *Thalassiosira* sp., naupli udang vaname, artemia, air laut steril, air tawar, DSP, NaNO₃, FeCl, silikat, EDT, vitamin C, epicin, klorin, tiosulfat, vermikompos, zeolit alam Lampung, pakan larviva *mysis*, akuades, alkohol 70%, media GYP.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilaksanakan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu jenis pupuk media kultur *Thalassiosira* sp. yang terdiri dari pupuk komersial dengan komposisi: FeCl, NaNO₃, DSP, Silika, EDTA sebagai kontrol (K), Vermikompos (V), zeolit alam (Z), vermikompos + zeolit alam (VZ). Setiap perlakuan diulang 4 kali. Parameter yang akan diamati dari hasil penelitian ini adalah kepadatan sel *Thalassiosira* sp., jumlah probiotik *Lactobacillus* sp. sebelum diberi perlakuan dan setelah diberi perlakuan. Kemudian dilanjutkan dengan penelitian pengembangan yang bertujuan untuk menguji pemberian *Thalassiosira* sp. yang dikultur menggunakan vermikompos dan zeolit alam terhadap jumlah probiotik *Lactobacillus* sp. dan sintasan larva udang vaname pada stadia *zoea* dan *mysis*. Perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rancangan percobaan

Perlakuan	Ulangan			
	1	2	3	4
K	K4	V2	K2	K3
V	Z4	VZ3	VZ4	Z1
Z	VZ1	Z2	V3	VZ2
VZ	V1	K1	Z3	V4

Keterangan:

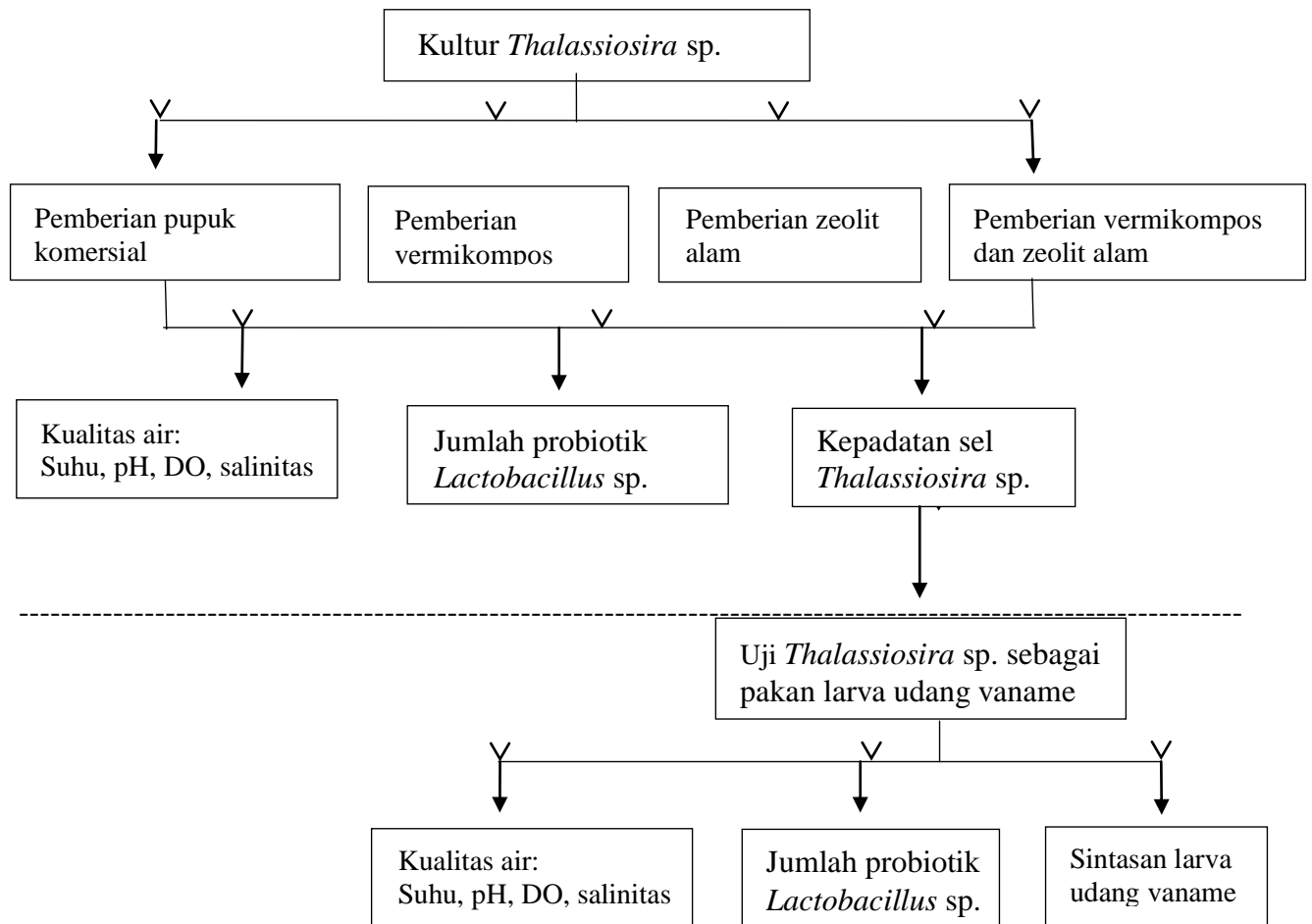
K : Kultur *Thalassiosira* sp. tanpa pemberian vermikompos dan zeolit alam

V : Kultur *Thalassiosira* sp. dengan pemberian vermikompos

Z : Kultur *Thalassiosira* sp. dengan pemberian zeolit alam

VZ : Kultur *Thalassiosira* sp. dengan pemberian kombinasi vermikompos dan zeolit alam.

Tahapan penelitian dalam bentuk bagan alir dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Bagan alir penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama, *Thalassiosira* sp. dikultur dalam toples. Perlakuan yang diujikan pada kultur *Thalassiosira* sp. adalah pupuk komersial (K), vermikompos (V), zeolit alam (Z), dan kombinasi vermikompos dengan zeolit alam (VZ) (Tabel 3, halaman 28). Kultur *Thalassiosira* sp. hasil masing-masing perlakuan yang berumur 2 hari, diberikan sebagai pakan alami larva udang vaname dan ada yang dikultur selama 10 hari agar dapat diukur kualitas air media kultur, dihitung jumlah bakteri probiotik *Lactobacillus* sp., dan dihitung kepadatan sel hidup *Thalassiosira* sp. Tahap kedua, sebanyak 500 mL hasil kultur *Thalassiosira* sp. selama 2 hari dari masing-masing perlakuan digunakan sebagai pakan alami larva udang vaname pada stadia *zoa* 1 hingga *mysis* 3. Kualitas air media kultur selama pemeliharaan larva udang vaname diukur dan pada akhir pemeliharaan jumlah probiotik *Lactobacillus* sp., serta sintasan larva udang di hitung.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1. Sterilisasi Alat

Toples, ember, batu aerasi, selang aerasi, vial, gelas ukur, erlenmeyer, gelas kimia, tabung reaksi, cawan petri sebelum digunakan dibersihkan dengan cara dicuci menggunakan sabun, kemudian dibilas dengan air tawar hingga bersih. Selanjutnya vial, erlenmeyer, tabung reaksi, dan cawan petri disterilkan menggunakan autoklaf selama 15 menit.

3.4.2. Sterilisasi Air Media Kultur

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air laut yang telah melalui tahap penyaringan dan sterilisasi oleh PT. Citra Larva Cemerlang (*Hatchery*) di Kalianda, Lampung Selatan. Air laut yang digunakan sebagai media kultur *Thalassiosira* sp. telah disterilisasi terlebih dahulu dengan sistem klorinasi. Air laut yang digunakan sebelumnya disaring terlebih dahulu, selanjutnya disterilkan dengan klorin kurang lebih selama 1 jam dan dinetralsir dengan larutan natrium tiosulfat (1 ppm) agar sisa-sisa klorin dalam air laut berkurang. Air laut yang telah disterilkan, dimasukkan sebanyak 2,5 liter ke dalam wadah toples 5 liter dan ditambah air tawar 0,5 liter. Toples yang sudah diisi air laut (salinitas 28-30 ppt) disusun pada rak kultur kemudian dipasang selang aerasi, batu aerasi, dan lampu neon.

3.4.3. Persiapan Bibit *Thalassiosira* sp.

Bibit *Thalassiosira* sp. yang digunakan dalam penelitian ini adalah biakan murni diperoleh dari PT. Citra Larva Cemerlang (*Hatchery*) di Kalianda, Lampung Selatan. Bibit *Thalassiosira* sp. diaklimatisasi terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam wadah kultur.

3.4.4. Pemberian Pupuk Komersial, Vermikompos, Zeolit Alam, dan Kombinasi Vermikompos dengan Zeoli Alam pada Media Kultur *Thalassiosira* sp.

Terdapat 4 jenis pupuk yang diujikan dalam kultur *Thalassiosira* sp., yaitu pupuk komersial, vermikompos, zeolit, kombinasi vermikompos dan zeolit alam yang diberikan dengan cara

ditebar secara langsung. Komposisi pupuk untuk masing-masing perlakuan dalam kultur *Thalassiosira* sp. dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi pemberian pupuk untuk masing-masing perlakuan dalam kultur *Thalassiosira* sp.

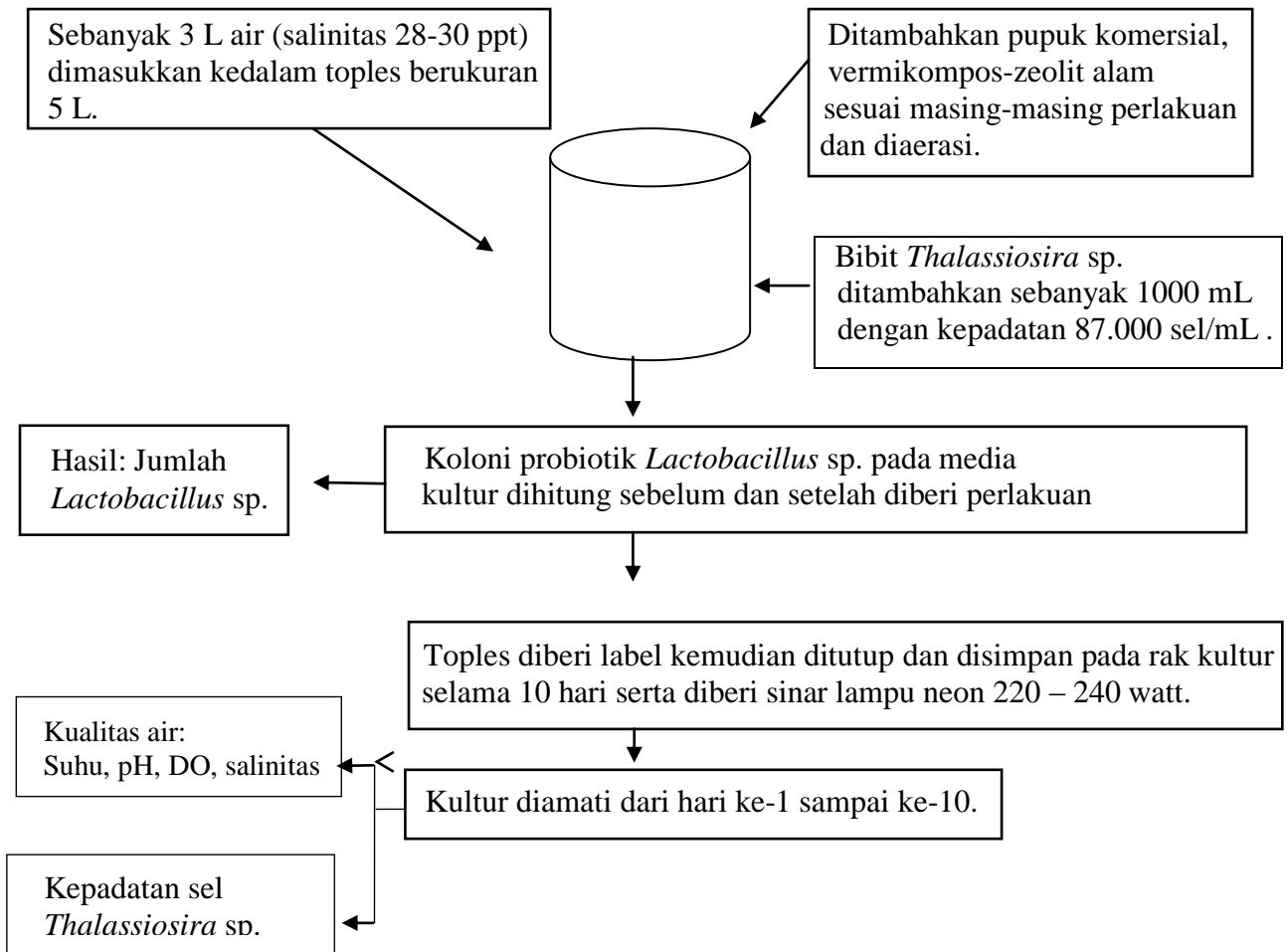
Perlakuan	Jenis pupuk	Jumlah	Pelarutan	Pengaplikasian	Sumber
K	FeCl	9,5 gr	1 L air laut steril	5 mL	Rudi (2022, <i>Personal interview</i>)
	EDTA	10,5 gr			
	NaNO ₃	225 gr	1 L air laut steril	5 mL	
	DSP	18 gr			
	Silika	30 mL	1 L air laut steril	5 mL	
EDTA	52,5 gr				
V	Vermikompos	0,8 gr/L	1 L air laut steril	3,2 gr/4 L	Fauziah dan Hatta (2015).
Z	Zeolit alam	0,5 gr/L	-	2 gr/4 L	Triyatmo (2003).
VZ	Vermikopos	0,8 gr/L	1 L air laut steril	3,2 gr/4 L	Fauziah dan Hatta (2015).
	Zeolit alam	0,5 gr/L			

Komposisi pupuk yang digunakan ditimbang sesuai dengan takaran yang telah ditentukan.

Takaran pupuk komersial yang digunakan untuk kultur *Thalassiosira* sp. sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang disusun oleh Rudi (2022, *personal interview*). Dosis pupuk yang digunakan disesuaikan dengan fase pertumbuhan *Thalassiosira* sp. Pupuk komersial yang diberikan untuk kultur *Thalassiosira* sp. terdiri dari 3 komposisi. Komposisi pupuk komersial pertama terdiri dari FeCl 9,5 gr dan EDTA 10,5 gr dilarutkan dengan 1 L air laut steril.

Komposisi pupuk komersial kedua terdiri dari NaNO₃ 225 gr dan DSP 18 gr dilarutkan dengan 1 L air laut steril. Komposisi pupuk komersial ketiga terdiri dari silika 30 ml dan EDTA 52,5 gr dilarutkan dengan 1 L air laut steril. Dosis untuk masing-masing komposisi pupuk komersial yang digunakan pada media kultur *Thalassiosira* sp. adalah 5 mL. Sedangkan dosis vermikompos dan zeolit alam yang digunakan masing-masing secara berurutan 0,8 gr/L (Fauziah dan Hatta, 2015) dan 0,5 gr/L (Triyatmo, 2003). Sebelum diberikan pada media kultur *Thalassiosira* sp., vermikompos dilarutkan dalam 1 L air laut steril. Sedangkan zeolit alam langsung diberikan pada media kultur *Thalassiosira* sp. Kadar salinitas air laut steril yang digunakan untuk melarutkan pupuk yaitu 28-30 ppt.

3.4.5. Kultur *Thalassiosira* sp.

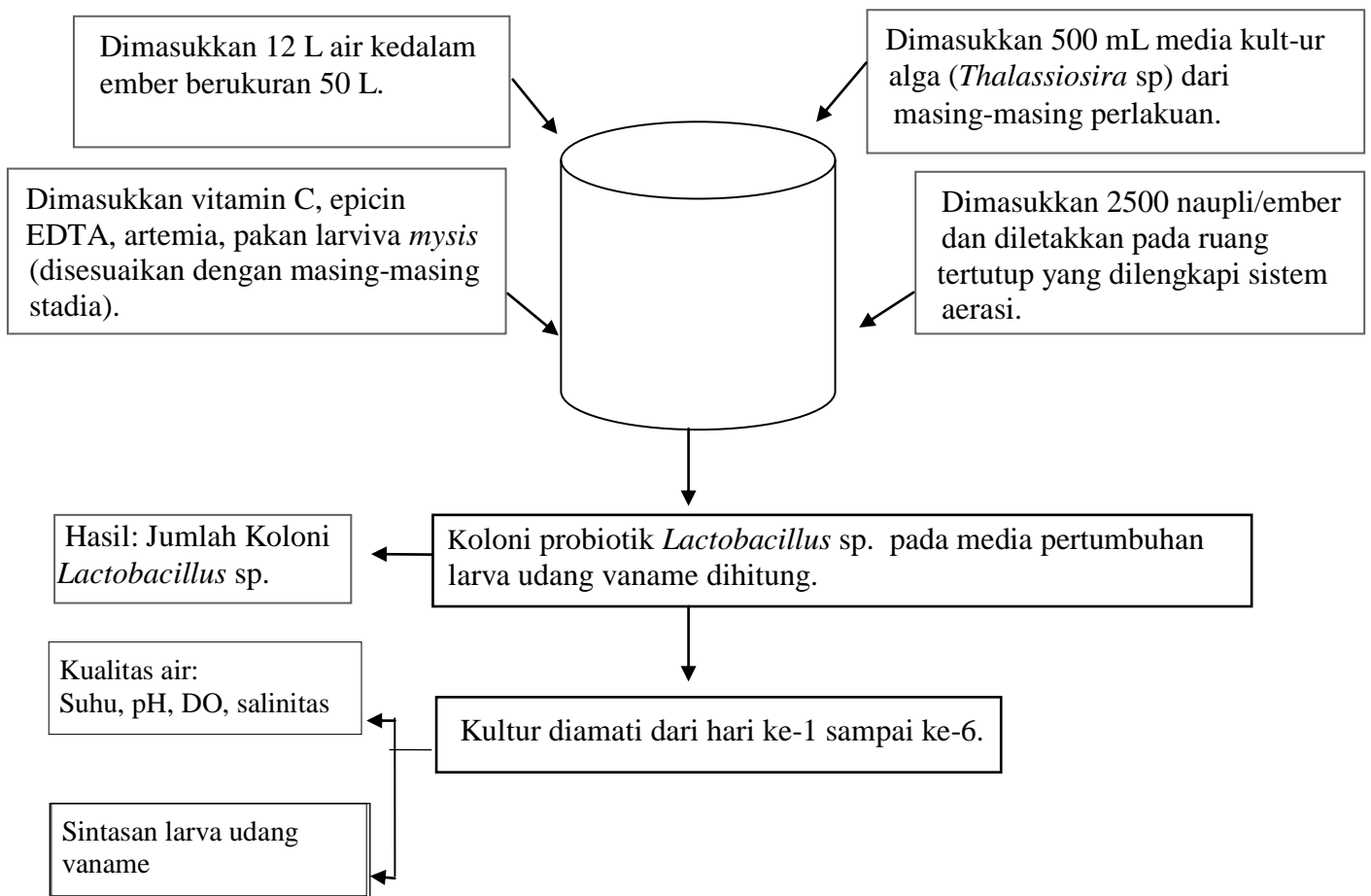


Gambar 12. Tahap pengkulturan *Thalassiosira* sp. skala toples.

Langkah-langkah dalam kultur *Thalassiosira* sp. pada Gambar 12 (Rudi, 2022). Air media kultur yang telah steril dengan salinitas 28-30 ppt dimasukkan ke dalam toples sebanyak 3 liter, lalu 1000 mL bibit *Thalassiosira* sp. dengan kepadatan 87.000 sel/mL ditambahkan ke dalam toples. Pupuk komersial dan vermikompos yang telah dilarutkan dalam air laut steril serta zeolit alam, ditambahkan ke dalam media kultur dengan dosis yang sesuai perlakuan. Selanjutnya kultur diaerasi dan diberi sinar lampu neon 220 – 240 watt dan dikultur selama 10 hari. Penghitungan jumlah kepadatan sel *Thalassiosira* sp. dilakukan setiap hari dengan cara meneteskan 1 mL media kultur ke dalam hemositometer, kemudian jumlah sel *Thalassiosira* sp. diamati di bawah mikroskop. Selama pengkulturan, kualitas air media kultur (suhu, salinitas, DO, dan pH) diukur setiap hari.

3.4.6. Pengujian Hasil Kultur *Thalassiosira sp.* terhadap Sintasan Larva Udang Vaname

Thalassiosira sp. yang telah dikultur 2 hari menggunakan pupuk komersial, vermikompos, zeolit alam, kombinasi vermikompos dan zeolit alam diberikan pada larva udang vaname. Karena hari kedua pengkulturan *Thalassiosira sp.* mencapai fase eksponensial. Pada fase eksponensial kandungan nutrisi sel *Thalassiosira sp.* tinggi (Chilmawati dan Suminto, 2008) dan sel telah mengalami pembelahan sel dengan laju pertumbuhan tetap. Kepadatan sel *Thalassiosira sp.* yang diberikan pada larva udang vaname sesuai hasil kultur dari tiap perlakuan. Prosedur pemeliharaan larva udang vaname sesuai dengan SOP Kholid (2022, *personal interview*). Pemberian *Thalassiosira sp.* dimulai saat larva memasuki stadia *zoea 1* hingga akhir dari stadia *mysis 3* (selama 6 hari pemeliharaan). Tahap pemeliharaan larva udang vaname dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Tahap pemeliharaan larva udang vaname.

Pengujian hasil kultur *Thalassiosira* sp. dari masing-masing perlakuan terhadap sintasan larva udang vaname dilakukan melalui beberapa tahapan. Naupli udang vaname sebanyak 2500 ekor dimasukkan ke dalam ember yang sebelumnya telah diisi air laut steril 12 L dan dilengkapi dengan peralatan aerasi. Setelah larva udang vaname memasuki stadia *zoea* 1, ke dalam masing-masing ember ditambahkan pakan alami *Thalassiosira* sp. dan pakan komersial dengan komposisi seperti tertera pada Tabel 5 hingga larva memasuki stadia *mysis* 3. Jumlah bakteri *Lactobacillus* sp. dan sintasan larva udang vaname dari masing-masing perlakuan dihitung pada akhir pemeliharaan. Selama pemeliharaan, kualitas air diukur setiap hari (suhu, salinitas, DO, dan pH).

Tabel 5. Komposisi pakan setiap stadia larva udang vaname

Stadia larva	Volume air (L)	Penambahan media kultur <i>Thalassiosira</i> sp. (mL)	Pengurangan media pemeliharaan larva udang vaname (mL)	Pakan
Sebelum <i>Stocking</i>	12	-	-	EDTA 10ppm (0,12 gr), Vitamin C 5 ppm (0,06 gr)
<i>zoea</i> 1	12	500	-	-
<i>zoea</i> 2	12,5	500	-	-
<i>zoea</i> 3	13	500	500	EDTA 5ppm (0,07 gr/13L), artemia (0,07 gr)
<i>mysis</i> 1	13	500	500	Epicin 3 ppm(0,0405 gr), pakan larviva <i>mysis</i> (0,034 gr), artemia (0,203 gr)
<i>mysis</i> 2	13	500	500	Pakan larviva <i>mysis</i> (0,053gr), artemia (0,42 gr)
<i>mysis</i> 3	13	500	500	EDTA 5ppm (0,07 gr/13 L), pakan larviva <i>mysis</i> (0,075 gr), artemia (0,6 gr)

(Sumber acuan: SOP Kholid (2022, *personal interview*).

Komposisi pakan setiap stadia larva udang vaname dapat dilihat pada Tabel 5. Satu hari sebelum naupli udang vaname di masukkan ke dalam ember berisi air laut steril 12 L (*stocking*), ditambahkan EDTA 10ppm (0,12 gr), vitamin C 5 ppm (0,06 gr). Penambahan media kultur

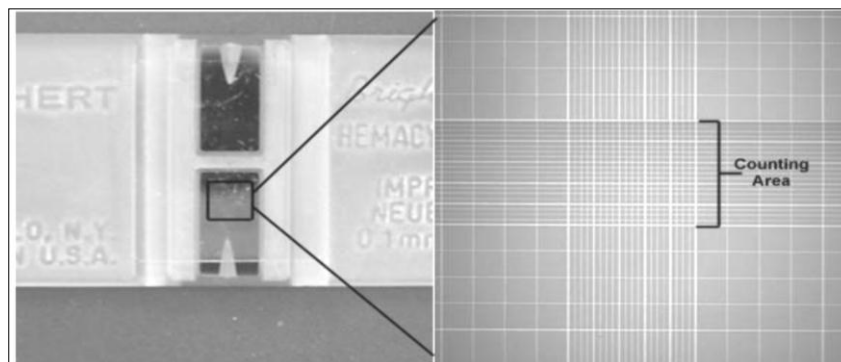
Thalassiosira sp. dilakukan saat larva udang vaname memasuki stadia *zoea* 1 hingga *mysis* 3. Namun pada saat larva udang vaname memasuki stadia *zoea* 3, dilakukan pengurangan air media pemeliharaan untuk mengencerkan bahan organik yang berasal dari sisa metabolisme dan sisa pakan. Pada saat larva udang vaname memasuki stadia *zoea* 3 hingga *mysis* 3, beberapa jenis pakan diberikan sesuai dengan takaran yang telah ditentukan.

3.4.7 Pembuatan Media GYP (Glucose Yeast Pepton) dan Isolasi Bakteri *Lactobacillus* sp. dari Tiap Perlakuan

Medium GYP (Glucose-Yeast extract-Peptone) dibuat mengikuti sumber acuan Junaidi (2018) dengan komposisi peptone (0,5%), *yeast* (1%), CaCO_3 (1%), NaCl (5%), glukosa (1%), agar (1%), dan dilarutkan menggunakan akuades. Media dipanaskan di atas *hotplate* yang dibantu *magnetic stirrer* pada suhu 80 °C hingga homogen, sebelum disterilkan pada autoklaf dengan suhu 121 °C selama 15 menit. Selanjutnya media dituangkan masing-masing kedalam cawan petri sebanyak 18 ml dan dibiarkan hingga media memadat. Sebanyak 0,1 ml sampel media dari masing-masing perlakuan dipindahkan ke permukaan media GYP yang telah memadat dengan menggunakan mikropipet, dan diratakan menggunakan *spreader lab*. Selanjutnya diinkubasi selama 48 jam.

3.5 Parameter Uji

3.5.1. Kepadatan sel *Thalassiosira* sp.



Gambar 14. Daerah penghitungan sel pada hemositometer (Todar, 2003).

Kepadatan sel *Thalassiosira* sp. dihitung menggunakan rumus Suminto dan Hirayama (1996) yaitu dengan menggunakan 400 kotak kecil hemositometer berukuran 1 mm^2 serta kedalaman 0,1 mm. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume kotak 400 hemositometer} &= 1 \text{ mm}^2 \times 0,1 \text{ mm} \\ &= 0,1 \text{ mm}^3 \\ &= 0,0001 \text{ mL} \end{aligned}$$

Volume dari 400 kotak kecil hemositometer 0,0001 mL, maka rumus untuk menghitung kepadatan sel *Thalassiosira* sp. yang digunakan :

$$\begin{aligned} \text{Kepadatan sel (P)} &= \frac{\text{Jumlah sel pada kotak 400 hemositometer}}{\text{Volume hemositometer}} \\ &= N/10^{-4} \text{ sel/mL} \\ &= N \cdot 10^4 \text{ sel/mL} \end{aligned}$$

Keterangan:

P: Kepadatan sel (sel/mL)

N: Jumlah sel yang dihitung pada 400 kotak kecil hemositometer.

3.5.2 Laju Sintasan Larva Udang Vaname (*stadia zoea dan mysis*)

Kelangsungan hidup larva udang vaname diamati setiap hari, dengan menghitung jumlah kepadatan larva setiap harinya. Untuk menganalisa kelangsungan hidup larva udang vaname, digunakan rumus Huynh dan Fotedar (2004), yaitu :

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

Dimana :

S = Sintasan larva yang diuji (%)

N_t = Jumlah larva yang hidup pada akhir pemeliharaan (ekor)

N_o = Jumlah larva yang hidup pada awal pemeliharaan (ekor)

3.5.3 Penghitungan Jumlah Koloni Probiotik *Lactobacillus* sp.

Sampel air yang akan diuji dimasukkan sebanyak 20 ml kedalam vial dan disimpan didalam *cool box* untuk dibawa ke laboratorium. Jumlah koloni probiotik *Lactobacillus* sp. pada media

kultur *Thalassiosira* sp. dihitung menggunakan metode *spread plate* (cawan sebar) yaitu menumbuhkan mikroorganisme ke dalam media agar dengan cara menuangkan stok kultur bakteri yang telah dibuat seri pengenceran di atas media agar yang telah memadat (Adam, 2000). Masing-masing sampel media kultur diambil sebanyak 1 ml dan dibuat seri pengenceran. Tuang sampel 10^{-x} ke dalam cawan petri yang terdapat media GYP sebanyak 18 ml yang telah memadat. Inkubasi pada suhu 37 °C selama 2 x 24 jam. Setelah terbentuk koloni bakteri pada cawan petri, dilakukan penghitungan jumlah koloni bakteri menggunakan *colony counter* berdasarkan standar *plate count* sebanyak tiga kali selama penelitian, yaitu pada media kultur *Thalassiosira* sp. sebelum diberi perlakuan, media kultur *Thalassiosira* sp. setelah diberi perlakuan, dan media pertumbuhan larva udang vaname.

3.6 Kualitas Air

Kualitas air turut berperan dalam kelangsungan hidup *Thalassiosira* sp. dan larva udang vaname pada masing-masing perlakuan, karena air sebagai media hidupnya. Parameter kualitas air yang mempengaruhi pertumbuhan *Thalassiosira* sp. dan larva udang vaname dapat dilihat pada Tabel 6 .

Tabel 6. Parameter kualitas air media kultur *Thalassiosira* sp. dan larva udang vaname

Parameter	Kisaran kualitas air media kultur	
	<i>Thalassiosira</i> sp.	Larva udang vaname
pH	7 – 9 ^{b)}	7,5 – 8,5 ^{d)}
Salinitas (ppt)	12 – 41 ^{b)}	30 - 33 ^{d)}
Suhu (°C)	10 – 32,5 ^{a)}	28 - 33 ^{d)}
DO (ppm)	4 – 10 ^{c)}	3,5 – 7,5 ^{e)}

Keterangan:

^{a)} Boyd, 1990;

^{b)} FAO, 1996;

^{c)} Sari *et al.*, 2018;

^{d)} SNI 8037. 1, 2014;

^{e)} Adiwijaya *et al.*, 2003.

Selama proses kultur *Thalassiosira* sp. dan larva udang vaname, kualitas air diukur. Perubahan kualitas air media kultur dapat mempengaruhi pertumbuhan sel *Thalassiosira* sp. (Rudiyanti,

2011) dan memperlambat proses metabolisme tubuh udang sehingga menurunkan persentase sintasan (Supono, 2015). Kualitas air yang baik untuk pertumbuhan sel *Thalassiosira* sp. yaitu salinitas 12 – 41 ppt, pH 7 – 9 (FAO, 1996), suhu 10 – 32,5 °C (Boyd, 1990) dan DO 4 – 10 ppm (Sari *et al.*, 2018). Sedangkan kualitas air yang baik untuk pertumbuhan larva udang vaname yaitu salinitas 30 – 33 ppt, suhu 28 – 33 °C, pH 7,5 – 8,5 (SNI 8037. 1, 2014), dan DO 3,5 – 7,5 ppm (Adiwijaya *et al.*, 2003).

3.7 Analisis Data

Data hasil penelitian berupa kepadatan sel hidup *Thalassiosira* sp., Jumlah sel hidup *Lactobacillus* sp. dan sintasan larva udang vaname yang diperoleh dilakukan analisis ANOVA menggunakan program IBM SPSS 26 pada taraf kepercayaan 5% dan dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan* untuk mengetahui perbedaan nyata tiap perlakuan. Sementara itu, data kualitas air diinterpretasikan secara deskriptif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini:

1. pemberian vermikompos dan zeolit alam meningkatkan log jumlah sel hidup *Lactobacillus* sp. Hasil terbaik diperoleh dari perlakuan pemupukan dengan kombinasi vermikompos dan zeolit alam (6 CFU/mL).
2. pemberian vermikompos dan zeolit alam tidak mampu meningkatkan kepadatan sel hidup *Thalassiosira* sp.
3. pemberian hasil kultur *Thalassiosira* sp. yang dipupuk dengan vermikompos dan zeolit alam meningkatkan log jumlah sel hidup *Lactobacillus* sp. Hasil terbaik pada perlakuan dengan menggunakan kombinasi vermikompos dan zeolit alam (7,2 CFU/mL).
4. pemberian hasil kultur *Thalassiosira* sp. yang dipupuk dengan vermikompos dan zeolit alam meningkatkan sintasan larva udang vaname. Sintasan terbaik pada perlakuan menggunakan kombinasi vermikompos dan zeolit alam (80,6 %).

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini antara lain:

1. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan kombinasi vermikompos dan zeolit alam dengan konsentrasi yang berbeda.
2. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kandungan proksimat *Thalassiosira* sp. yang dikultur menggunakan kombinasi vermikompos dan zeolit alam.
3. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap adanya bakteri patogen pada media pertumbuhan larva udang vaname yang diberi hasil kultur menggunakan kombinasi vermikompos dan zeolit alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M. 2000. *Mikrobiologi Dasar*. Jakarta: Erlangga .
- Adiwijaya, D., Sapto P. R., E. Sutikno, Sugeng, dan Subiyanto. 2003. *Budidaya Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) Sistem Tertutup yang Ramah Lingkungan*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Dirjen Perikanan Budidaya. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara. 29 hlm.
- Adriany, R. 2011. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Adsorpsi CO₂ pada Zeolit*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi. Vol. 9(3): 76-82.
- Akhadiarto, S. 2010. *Pengaruh Pemberian Probiotik Temban, Biovet, dan Biolacta Terhadap Persentase Karkas, Bobot Lemak Abdomen dan Organ Dalam Ayam Broiler*. Pusat Teknologi Produksi Pertanian, BPPT. Jakarta.
- Andersen, R.A. (Ed). 2005. *Algal Culturing Techniques*. Elsevier Academic Press. 578pp, London.
- APHA. (American Public Health Association). 1992. *Standard Method for the Examination of Water and Waste Water 12th Edition*. Washington DC: APHA-AWWA-WPCF.
- Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia. 2022. *Fertilizer Consumption on Domestic Market and Export Market, year 2017 - 2022*.
<https://www.appi.or.id/public/images/img/Fertilizer%20Consumption%20Domestic%20and%20Export%202017-2022.pdf>. Diakses: 12 Oktober 2022.
- Arifin, Z., Andrat, K., dan Subiyanto. 2007. *Teknik produksi udang vaname (Litopenaeus vannamei) secara sederhana*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara.
- Ariyani, D., Susanto G. N., Sumardi, Iswandi. 2008. *Pengaruh Perubahan Salinitas Terhadap Virulensi WSSV Pada Udang Putih (Litopenaeus vannamei)*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II. Universitas Lampung.
- Asih, P. 2014. *Produktivitas Primer Fitoplankton di Perairan Desa Malang Rapat Kabupaten Bintan*. Jurnal Perikanan.
- Asriyana, dan Yuliana. 2012. *Produktivitas Perairan*. PT Bumi Aksara: Jakarta.
- Aulia, Deni. 2018. *Budidaya Udang Vaname*. Buku. Jakarta: AMAFRAD Press.

- Barajas, F. J. M, Vilegas, R. S., Clark, G. P. and Moreno, B. L. 2006. *Litopenaeus vannamei* (Boone) post-larval survival related to age, temperature, pH and ammonium concentration. *Aquaculture Research*. 37: 492-499.
- Barogh, M. R. H., Bolandi, M., dan Mohammadi, N. A. 2021. *Evaluation of Manganese Sulfate and Vitamin B12 Influence on Physicochemical, Sensory and Textural Attributes of Fermented Milk With Lactobacillus bulgaricus subsp. Delbrueckii and Lactobacillus acidophilus La-5*. *Journal of Food and Technology* .Iran. V. 18(111): 103-115.
- Benchmark company. 2021. *Shrimp Larvae Management Guide*. https://wp-bmkgenetics-2022.s3.eu-west-2.amazonaws.com/media/2021/05/01133136/Benchmark-Genetics_Shrimp-Larvae-Feeding-Guide_DIGITAL_ENG.pdf Diakses: 10 juni 2022.
- Boyd. C.E. 1990. *Water Quality In Pond For Aquaculture*. Birmingham Publishing Co. Alabama. 482p.
- Cahyaningsih, S., Achmad, N., dan Sugeng, J.P. 2005. *Kultur Murni Phytoplankton*. Departemen Kelautan dan Perikanan Budidaya. Balai Budidaya Air Payau Situbondo.
- Chakravarty, M.S., Ganesh P.R.C., Amarnath D., Sudha, B.S., dan Babu, T.S. 2016. *Spatial variation of water quality parameters of shrimp (Litopenaeus vannamei) culture ponds at Narsapurapupeta, Kajuluru and Kaikavolu villages of East Godavari district, Andhra Pradesh*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. Vol. 4(4): 390-395 hlm.
- Chilmawati, D. dan Suminto. 2008. *Penggunaan Media Kultur yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Chlorella sp.* *Jurnal Saintek Perikanan*. 4(1): 42-49.
- Dahuri R., Rais J., Ginting S.P., Sitepu M.J. 2004. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Edisi Revisi. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Devianti , Yani N., dan Amrullah. 2022. *Penggunaan pakan alami Chlorella sp. dan Thalassiosira sp. untuk mempercepat perkembangan dan meningkatkan sintasan larva udang vaname (Litopenaeus vannamei) pada stadia zoea sampai mysis*. *Jurnal Agrokompleks*. Vol. 22(2).
- Dinas Kelautan dan Perikanan D. I.Y. 2015. *Fungsi dan Manfaat Probiotik Dalam Usaha Budidaya Ikan*. https://dislautkan.jogjaprovo.go.id/web/detail/61/fungsi_dan_manfaat_probiotik_dalam_usaha_budidaya_ikan. Diakses: 20 Mei 2023.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Kementerian Kelautan dan Perikanan RI. 2011. *Petunjuk Teknis Budidaya Udang Vaname Semi Intensif*. Jakarta. 33 hlm.
- Dwirejeki, S., dan Ermavitalini, D. 2019. *Pengaruh Cekaman Nitrogen dan Fotoperiode Terhadap Kurva pertumbuhan Kultur Nannochloropsis sp.* *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 8 (1): 2337-3520 hlm.
- Dwyana, Z., Kosman R., Usman I. 2017. *Potensi Antibakteri Empat Species Lactobacillus Dari Susu Fermentasi Terhadap Mikroba Patogen*. *Jurnal Ilmu Alam Ling*. 8:16–20 hlm.

- Edhy, W. A., P. Januar, dan Kurniawan. 2003. *Plankton di Lingkungan PT. Central Pertiwi Bahari*. Laboraturium Central Department, Aquaculture Division PT. Central Pertiwi Bahari. Tulang Bawang. Lampung.
- Elovaara, A. K. 2001. *Shrimp Farming Manual: Practical Technology for Intensive Shrimp Production*. Caribbean Press, Ltd. British West Indies, USA.
- Erlina, A., Amini, S., Endrawati, H., dan Zainuri, M. 2004. *Kajian Nutritif Phytoplankton Pakan Alami Pada Sistem Kultivasi Massal*. Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences. Vol. 9(4), 206-210 hlm.
- Erlangga. E. 2012. *Budidaya udang vaname secara intensif*. Tangerang selatan: Pustaka Agro Mandiri. 128 hlm.
- Erlangga, Ayu A., Erniatia, Mahdalianab, dan Mulianib. 2021. *Peningkatan Kepadatan Thalassiosira sp Dengan Dosis Pupuk Silikat yang Berbeda*. Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal. Vol. 8(3).
- Estiaty L. 2008. *Impregnasi Logam Cu Terhadap Zeolit Alam Dengan Metode Aliran Kontinyu Sebagai Bahan Anti mikroba*. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi Bandung. 64-65 hlm.
- Farchan, M. 2006. *Teknik Budidaya Udang Vaname*. BAPPL. Sekolah Tinggi Perikanan, Serang.
- Fatimah, S. 2011. *Industri Pupuk*. <http://file.upi.edu/>. Diakses: 12 Oktober 2022.
- Fauziah dan Hatta, M. 2015. *Pengaruh Pemberian Kascing (Bekas Cacing) Dengan Dosis Yang Berbeda Dalam Kultur Skeletonema Costatum*. Jurnal Acta Aquatica. Vol. 2 (1): 11-17.
- Flickinger, S. 2016. *Thalassiosira Community Composition and Diversity in Narragansett Bay*. Thesis. University of Rhode Island. 880p.
- Food and Agriculture Organization. 1996. *Pedoman Produksi dan Penggunaan Pakan Hidup Untuk Akuakultur*. 42 hlm.
- Food dan Agriculture Organization. 2011. *Penaeus vannamei (Boone, 1931)*. https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/en/en_w hitelegshrimp.htm. Diakses: 19 Maret 2022.
- Fuller, R. 1989. *A Review, Probiotic in Man and Animals*. Journal of Applied Bacteriology. 66: 365-378 pages.
- Gaggia, F., P. Mattarelli and B. Biavati. 2010. *Probiotic and prebiotics in animal feeding for safe food production*. Intl. J. Food Microbiol. 14: 515 ± 528 page.
- Garcia, N., J.A. Lopez-Elias, A. Miranda, M. Martinez-Porchas, N. Huerta and Antonio Garcia. 2012. *Effect of Salinity on Growth and Chemical Composition of the Diatom Thalassiosira sp. Weissflogii at Three Culture Phases*. Latin American Journal of Aquatic Research. Vol. 40(2): 435-440.

- Ginting, A. Br., Dian A., Sutri I. 2007. *Karakterisasi Komposisi Kimia, Luas Permukaan Pori dan Sifat Termal Dari Zeolit Bayah, Tasimalaya, dan Lampung*. Jurnal Teknologi Bahan Nuklir. Vol. 3(1).
- Gulton, S.O. 2018. *Mikroalga: Sumber Energi Terbarukan Masa Depan*. Jurnal Kelautan. V.11(1): 95-103.
- Gunarto dan A. Mansyur, 2007. *Budidaya udang vaname (Litopenaeus vannamei) di tambak dengan padat tebar berbeda menggunakan sistem pemupukan susulan*. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau. Maros.
- Hadiyanto dan Azim, M. 2012. *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Edisi Pertama. UPT UNDIP Press. Semarang.
- Hadiyanto dan Azim, M. 2016. *Dasar-Dasar Bioproses*. Edisi Pertama. EF Press Digimedia. Semarang.
- Haliman, R. W dan D. Adijaya. 2005. *Pembudidayaan dan Prospek Pasar Udang Putih Yang Tahan Penyakit, Udang Vannamei*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Haliman, R. W., dan Adijaya.D.S. 2006. *Udang Vannamei*. Penebar Swadaya. Jakarta. 75 hlm.
- Hassanzadeh, A. M., Khiabani, M.S., Sadrnia, M., Divband, B., Rahmanpour, O., Jabbari, V., Gholizadeh, P., dan Kafil, H.S. 2017. *Immobilization and Microencapsulation of Lactobacillus caseii and Lactobacillus plantarum Using Zeolite Base and Evaluating Their Viability in Gastroesophageal-intestine Simulated Condition*. Ars Pharm. Vol. 58(4): 163-170 pages.
- Herawati, V. E., Johannes, H. 2015. *Analisis Pertumbuhan; Kelulushidupan dan Produksi Biomass Larva Udang Vannamei Dengan Pemberian Pakan Artemia sp. Produk Lokal yang Diperkaya Chaetoceros calcitrans dan Skeletonema costatum*. Jurnal Pena Akuatika. Vol. 12(1).
- Hermawan, D. 2007. *Pengaruh Pemberian Rotifer (Brachionus rotundiformis) dan Artemia yang Diperkaya DHA 70 G Terhadap Kelangsungan Hidup dan Intermolt Period Larva Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hidayati, S. N. 2015. *Vermikompos*. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. <http://balittas.litbang.pertanian.go.id/index.php/id/tentang-kami/peneliti-porto/60-info-teknologi/2023-vermikompos>. Diakses: 15 Oktober 2022.
- Huynh, M. S., dan R. Fotedar. 2004. *Growth, Survival, Hemolymph Osmolality and Organosomatic Indices of The Western King Prawn (Penaeus laticulatus Kihinouye, 1896) Reared at Different Salinities*. Aquaculture, 234: 601-614.
- Indrayani. 2022. *Pengaruh Penggunaan Sumber Silika Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Biomassa Diatom Skeletonema sp. (Bacillariophyceae)*. Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian. Vol. 8(2): 215-224 hlm.

- Jati, Fhibia, Hutabarat, J., dan Herawati, V.E. 2012. *Pengaruh Penggunaan Dua Jenis Media Kultur Teknis yang Berbeda Terhadap Pola Pertumbuhan, Kandungan Protein dan Asam Lemak Omega 3 EPA (Chaetoceros gracilis)*. Journal of Aquaculture Management and Technology. Vol. 1(1): 221-235 hlm.
- Javeed, A., S. Salleh, A. Darif dan M. Mohammad. 2018. *Morfological Examination of The Thalassiosira sp. in Teluk Bahang, Penang*. Scripta Biologica. Vol. 5(1): 7-11 hlm.
- Junaidi, Muhammad. 2018. *Uji Viabilitas Mikroenkapsulasi Lactobacillus acidophilus Menggunakan Polimer Natrium Alginat-Kitosan Terhadap Simulasi Cairan Asam Lambung*. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Kociołek, J.P., S. Blanco, M. Coste, L. Ector, Y. Liu, B. Karthick, M. Kulikovskiy, N. Lundholm, T. Ludwig, M. Potapova, F. Rimet, K. Sabbe, S. Sala, E. Sar, J. Taylor, B. Van de Vijver, C.E. Wetzel, D.M. Williams, A Witkowski and J. Witkowski. 2005. *Diatom Base*. <http://marinespecies.org/aphia.php?p=148934>. Diakses pada: 4 Juli 2023.
- Kale, A., dan B. Karthick. 2015. *The Diatoms: Big Significance of Tiny Glass House*. Resonance: Journal of Science Education. Vol. 20(10): 919-930 hlm.
- Kalista, N. N., Rahmana E. K., Marlia S. W., dan Lenny M. E. 2017. Karakterisasi dan Pemurnian Zeolit Alam Lampung Sebagai Kandidat Antidotum Keracunan Timbal. Acta Pharmaceutica Indonesia. Vol. 42(2): 84-91 hlm.
- Kawaroe, M., Prartono, T., Sunuddin, A., Sari, D. W. dan Augustine, D. 2010. *Mikroalga potensi dan pemanfaatannya untuk produksi bio bahan bakar*. IPB Press. Bogor. Indonesia.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2017. *Petunjuk Teknis Produksi Phytoplankton*. Balai Perikanan Budidaya Air Payau Situbondo. Direktorat Jendral Perikanan Budidaya. 40 hlm.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2021. *Naik 4,15%, Ekspor Kelautan dan Perikanan Selama Caturwulan I 2021 Tunjukkan Tren Positif*. <https://kkp.go.id/djpdspkp/artikel/31077-naik-4-15-ekspor-kelautan-dan-perikanan-selama-caturwulan-i-2021-tunjukkan-tren-positif>. Diakses: 5 April 2022.
- Kepala Badan Lingkungan Hidup Kota Banjarmasin. 2016. *Sungai Martapura Tercemar Pupuk, Ternak Ikan Keramba Merugi*. <https://nasional.tempo.co/read/804119/sungai-martapura-tercemar-pupuk-ternak-ikan-keramba-merugi>. Diakses: 12 Oktober 2022.
- Kipp, R. M. 2007. *Thalassiosira pseudonana*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL.
- Kordi, K. 2007. *Pemeliharaan Udang Vannamei (Litopenaeus vannamei)*. Penerbit Indah. Surabaya. 100 hlm.
- Kordi, K. M. G. H. 2010. *Budidaya Udang Laut*. Lily Publisher. Yogyakarta. 308 hlm.
- Kusdarto. 2008. *Potensi Zeolit di Indonesia*. Jurnal Zeolit Indonesia. Vol. 7(2): 1411-6723.

- Kusuma, R. W. G., Enny Z. 2014. *Potensi Chlorella sp. Sebagai Bioakumulator Logam Berat Kadmium*. Jurnal Sains dan Seni Pomits. Vol. 3(2).
- Las, T. 2005. *Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif*. www.batan.go.id/ptlr/artikel/zeolit.html. Diakses:16 juli 2022.
- Latupeirissa, E. 2011. *Pengaruh Pemberian Fermentasi Urine Ternak Sapi dan Rizho Starter terhadap Populasi dan Biomassa Cacing Tanah dan Kualitas Vermikompos*. Tesis. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Lavens and Sorgeloos.1996. *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.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M, and J. Parker. 2000. *Brock Biology of Microorganism*. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Madigan, M. T, Martinko, J. M, Stahl, D.A, Clark, D.P. 2011. *Brock Biology of Microorganisms 13th ed*. San Francisco (USA): Pearson Education Inc.
- Manoppo, Henky. 2011. *Peran Nukleotida Sebagai Immunostimulan Terhadap Respon Imun Nonspesifik dan Resistensi Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. Disertasi. IPB : Bogor
- Marfa'ati. 2016. *Pengaruh Dosis Karbon Aktif yang Berbeda terhadap Kelangsungan Hidup dan Kualitas Benur Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) pada Transportasi Tertutup*. Tesis. Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Margono, Pranolo, S.H., dan Dyartati, E.R. 2015. *Profil Fermentasi Pada Produksi Minyak Mikroalga Menggunakan Nannochloropsis oculata Dalam Medium BG-11*. Jurnal Ekuiliblum. Universitas Sebelas Maret. V.14(2).
- Martosudarmo dan Ranumiharjo. 1983. *Biologi Udang Penaeid*. Dalam: Pedoman Pembenihan Udang Penaeid. Direktorat Jendral Perikanan, Jakarta: Departemen Pertanian.
- Mashur. 2001. *Vermikompos (Kompos Cacing Tanah) Pupuk Organik Berkualitas dan Ramah Lingkungan*. Mataram : Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IPPTP). 22-34 hlm.
- Muhaemin, M., Practica, F., Rosi, D.S. dan Tri, A. 2014. *Starvasi Nitrogen dan Pengaruhnya Terhadap Biomassa dan Protein Total Nannochloropsis sp*. Maspari Journal, 6(2): 98 – 103.
- Muliani, Ayuzar, E., dan Amri, M.C. 2018. *Pengaruh Pemberian Pupuk Kascing (bekas cacing) yang Difermentasi Dengan Dosis yang Berbeda Dalam Kultur Spirullina sp*. Jurnal Acta Aquatica. Vol. 5(1): 30-35 hlm.
- Ningsih D. R., Widiastuti, E. L., Muwarni. S, Tugiyono. 2017. *Kadar Lipid Tiga Jenis Mikroalga Pada Salinitas yang Berbeda*. Jurnal Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati Vol. 4(1):23-29 hlm.

- Ouyang, Z., Tian, J., Yan, X., Shen, H. 2020. *Effects of different concentrations of dissolved oxygen or temperatures on the growth, photosynthesis, yield and quality of lettuce*. Agricultural Water Management. Vol. 228.
- Palungkun, R., 2010. *Usaha Ternak Cacing Tanah Lumbricus rubellus*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Panjaitan, A., Wartono, H., dan Sri. H. 2014. *Pemeliharaan Larva Udang Vaname (Litopenaeus vanamei, Boone 1931) Dengan Pemberian Jenis Fitoplankton yang Berbeda*. Jurnal Manajemen Perikanan dan Kelautan. Jakarta. Vol. 1(1).
- Pelczar, Michael J., dan Chan, E. C. S. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. UI-Press. Universitas Indonesia. Jakarta. 190-191.
- Pitrianiingsih, C., Suminto, Sarjito. 2014. *Pengaruh Bakteri Kandidat Probiotik Terhadap Perubahan Kandungan Nutrien C, N, P dan K Media Kultur Lele Dumbo (Clarias gariepinus)*. Journal of Aquaculture Management and Technology. Vol. 3(4): 247-256.
- Pratama, B.B., Hasan, Z. dan Hamdani, H. 2012. *Pola Migrasi Vertikal Diurnal Plankton di Pantai Santolo Kabupaten Garut*. Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan. 3(1):81-89
- Rahmiati, Simajuntak, H. A. 2019. *Kemampuan Bakteri Asam Latat Dalam Menghambat Salmonella thypii*. Jurnal Jeumpa. Vol. 6(2).
- Raja, R., Shanmugam H., Ganesa. 2014. *Oceanography and Marine Research Biomass from Microalgae: An Overview*. Journal of Oceanography and Marine Research. Vol. 2(1), pp. 1-7.
- Razzak, M. T., Thamzil L., Priyambodo. 2013. *The Characterization of Indonesian's Natura Zeolite for Water Filtration System*. Jurnal Valensi. Vol. 3(2): 129-137 hlm.
- Riski, Tribuana, C. P. H. Patahiruddin, dan Muchlis, A. M. 2021. *Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Silikat yang Berbeda Terhadap Kepadatan Thalassiosira sp.* Fisheries of Wallacea Journal. Vol. 2 (2).
- Rudiyanti, S. 2011. *Pertumbuhan Skeletonema costatum Pada Berbagai Tingkat Salinitas Media*. Jurnal Saintek Perikanan, Vol. 6(2): 69-76 hlm.
- Rusmiyati, S. 2012. *Menjala Rupiah Budidaya Udang Vannamei*. Pustaka Baru. Yogyakarta. 20-24 hlm.
- Said, M., Prawati, Arie W., Murenda, dan Eldis. 2008. *Aktifasi Zeolit Alam Sebagai Adsorbent Pada Adsorpsi Larutan Iodium*. Jurnal Teknik Kimia. 15 hlm.
- Salminen, S., Wright, A.V., dan Ouwehand, A. 2004. *Probiotics and Lactic Acid Bacteria in Lactic Acid Bacteria*. Microbiological and Functional Aspects, Third Edition. Macel Dekker, Inc. New York.

- Sari, I. P dan A. Manan. 2012. *Pola Pertumbuhan Nannochloropsis oculata Pada Skala Laboratorium, Intermediet dan Masal*. Ilmiah Perikanan dan Kelautan. Vol. 4(2): 123-127.
- Sari, R. E. R., Kismiyati, K., dan Tjahjaningsih, W. 2018. *Perubahan Histopatologi Jaringan Kulit Ikan Komet (Carassius auratus auratus) Akibat Infestasi Argulus Japonicus Histopathological*. Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan. Vol.10(1):1.
- Sayedini F., Kermanshahi-pour A., He Q.S., Tibbetts S.M, Lalonde C.G.E., Brar S.K. 2020. *Microalgae cultivation in thin stillage anaerobic digestate for nutrient recovery and bioproduct production*. Algal Research. 47: 1-11 hlm.
- SNI. 2006. *Produksi Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) Di Tambak Dengan Teknologi Intensif*. SNI: 01-7246-2006. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI. 2006. *Benih Udang Vannamei (Litopenaeus vannamei) Kelas Benih Sebar*. SNI : 01-7252-2006. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI. 2009. *Produksi Benih Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. SNI:7311:2009. Badan Standar Nasional.
- SNI. 2014. *Bagian 1: Produksi Induk Model Indoor*. SNI: 8037.1. Badan Standarisasi Nasional.
- Sofith, C. D., Sri R. E., dan Fatimah. 2020. *Kinerja Aktivasi dan Impregnasi Zeolit Alam Sebagai Adsorbent*. Jurnal Teknik Kimia USU. Vol. 9(2): 75-79.
- Suantika, G. P., Adityawati, D. I., Astuti., dan Sofyan, Y. 2009. *Pengaruh Kepadatan Awal Inokulum Terhadap Kualitas Kultur Chaetoceros gracilis (Schutt) Pada Sistem Batch*. Jurnal Matematika dan Sains. Institut Teknologi Bandung. Bandung. Vol.14(1).
- Suharto, I. 2011. *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara dan Air*. C. V. ANDI OFF SET (Penerbit ANDI). Yogyakarta.
- Sumarno, D. 2013. *Kadar Salinitas di Beberapa Sungai yang Bermuara di Teluk Cempai, Kabupaten Dompu-Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan: Jatiluhur. Jawa Barat.
- Suminto dan K. Hirayama. 1996. *Effect of Bacteria Coexistence on the Growth of a Marine Diatome Chaetoceros gracilis*. Fish. Sci. 62: 40-43.
- Suminto. 2005. *Budidaya Pakan Alami Mikroalga dan Rotifer*. Buku Ajar Mata Kuliah Budidaya Pakan Alami. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. 58-62 hlm.
- Supono. 2015. *Manajemen Lingkungan Untuk Akuakultur*. Penerbit: Plantaxia. Yogyakarta.
- Suyanta. 2013. *Buku Ajar Kimia Unsur*. Yogyakarta: UGM Press. 140 hlm.
- Tjahjo, L., Erawati, dan Hanung. 2002. *Biologi Fitoplankton Dalam Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton*. Balai Budidaya Laut Lampung. Lampung.

- Todar, K. 2003. *Hemacytometer*.
<http://arbl.cvmbs.colostate.edu/hbooks/pathphys/reprod/semeneval/hemacytometer.html>.
 Diakses: 15 Juni 2023.
- Triyatmo, B. 2003. *Zeolit Mempertahankan Kualitas Air dan Meningkatkan Pertumbuhan Lele Dumbo (Clarias gariepinus)*. Jurnal Perikanan UGM. Vol. (1):1-7 hlm.
- Utomo, B. S. B., Sri A., dan Thamrin W. 2017. *Pengawetan Kista Artemia dan Uji Pertumbuhan Biomasanya*. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia. Vol.8(6).
- Verdian, A. H., Witoko, P., dan Aziz, R. 2021. *Komposisi Kimia Daging Udang Vanamei Dan Udang Windu Dengan Sistem Budidaya Keramba Jaring Apung*. Jurnal Perikanan Terapan. Vol. 1(1).
- Volk, C. 2015. *Thalassiosira punctigera (Castracane) Hasle, 1983*.
https://planktonnet.awi.de/index.php?contenttype=image_details&itemid=66499#content.
 Diakses: 5 September 2022.
- Wehr, J. D., Sheath, R. G., and Kociolek, P. 2015. *Fresh Water Algae of North America: ecology and classification*. USA: Academic Press.
- Widya, I. 2012. *Mengenal Vermikompos*. <http://id.vermikompos/MengenalVermikompos.htm>.
 Diakses: 9 Oktober 2022.
- Winanto, T. 2004. *Petunjuk Kualitas Air Phytoplankton*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- WWF-Indonesia. 2014. *Better Management Practices Seri Panduan Perikanan Skala Kecil Budidaya Udang Vannamei Tambak Semi Intensif Dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)*. WWF Indonesia. Jakarta.
- Wyban, J. A. and Sweeney, J. N. 1991. *Intensive Shrimp Production Technology*. The Oceanic Institute Shrimp Manual. Hawaii. USA. 158 hlm.
- Xin, L., Hong-ying, H., Ke, G., Jia, Y. 2010. *Growth and Nutrient Removal Properties of a Freshwater Microalga Scenedesmus sp. LX1 Under Different Kinds of Nitrogen Sources*. Ecological Engineering. Vol. 36 (4): 379-381 pages.
- Yudiati. E., Z. Arifin dan I. Riniatzih. 2010. *Pengaruh Aplikasi Probiotik Terhadap Laju Sintasan dan Pertumbuhan Tokolan Udang Vannamaei (Litopenaeus vannamei), Populasi Bakteri Vibrio, Serta Kandungan Amoniak dan Bahan Organik Media Budidaya*. Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences. Vol. 15(3).
- Zulfikar, W.G. 2019. *Peran Kincir Menjaga Oksigen terlarut (DO)*. <http://app.jala.tech/kabar-udang/peran-kincir-menjaga-oksigen-terlaut-do>. Diakses: 27 April 2023.