

**PERFORMA PERTUMBUHAN DAN RESPON FISILOGIS UDANG
VANAME *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) PADA MEDIA
PEMELIHARAAN BERSALINITAS 2 PPT DAN 4 PPT**

(Skripsi)

Oleh

**META CLAUDIA CHARITY PAKPAHAN
1914111041**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PERFORMA PERTUMBUHAN DAN RESPON FISIOLOGIS UDANG VANAME *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) PADA MEDIA PEMELIHARAAN BERSALINITAS 2 PPT DAN 4 PPT

Oleh

META CLAUDIA CHARITY PAKPAHAN

Budi daya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan media salinitas rendah (< 5 ppt) mengalami kendala dalam hal rendahnya performa pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Hal ini diduga terbatasnya kemampuan udang untuk menyerap makromineral, khususnya pada media di bawah salinitas 5 ppt. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji performa pertumbuhan dan respon fisiologis udang vaname pada media bersalinitas 2 ppt dan 4 ppt dengan penambahan dan tanpa penambahan makromineral. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan yaitu perlakuan alami pengenceran air laut dengan air tawar (A: setara 2 ppt dan B: setara 4 ppt) dan perlakuan penambahan makromineral dalam air tawar (C: setara 2 ppt dan D: setara 4 ppt). Benur dipelihara selama 30 hari dengan pemberian pakan 4 kali sehari memanfaatkan metode *blind feeding* sesuai program pemberian pakan yang ditentukan. Sampling bobot dilakukan di awal dan akhir pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa udang yang dipelihara pada media bersalinitas alami pada perlakuan A dan perlakuan B memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak (PBM), laju pertumbuhan spesifik (LPS) dan jumlah hemosit total (THC), sedangkan udang pada media dengan salinitas rendah buatan yaitu perlakuan C dan perlakuan D tidak dapat bertahan hidup. Pemeliharaan udang vaname dengan salinitas rendah (< 5 ppt) dapat dilakukan dengan metode alami.

Kata kunci: udang vaname, salinitas rendah, mineral, pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup, jumlah hemosit total

ABSTRACT

THE GROWTH PERFORMANCE AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF PACIFIC WHITE SHRIMP *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) IN SALINITY OF 2 PPT AND 4 PPT WATER

By

META CLAUDIA CHARITY PAKPAHAN

Vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultivation with low salinity media (< 5 ppt) experienced problems in terms of low growth performance and survival rate due to the limited ability of shrimp to absorb macro minerals, especially in media with salinities below 5 ppt. This study aimed to assess the growth performance and physiological responses of vaname shrimp in 2 ppt and 4 ppt with and without the addition of macro minerals. This study used a completely randomised design (CRD) with 4 treatments and 4 replicates, namely natural treatment of seawater dilution with fresh water (A: equivalent to 2 ppt and B: equivalent to 4 ppt) and artificial treatment of macro minerals added in fresh water (C: equivalent to 2 ppt and D: equivalent to 4 ppt). The fry were reared for 30 days by feeding 4 times a day using the blind feeding method according to the prescribed feeding programme, and weight sampling was conducted at the beginning and end of rearing. The results showed that shrimp reared in natural salinity media in treatment A and treatment B had a significantly different effect on absolute weight growth (AWG), specific growth rate (SGR) and total haemocyte count (THC), while shrimp in media with artificial low salinity (treatment C and D) could not survive. Maintenance of vaname shrimp with low salinity (< 5 ppt) can be done by natural methods.

Keywords: pacific white shrimp, low salinity, minerals, growth, survival rate, total haemocyte counts

**PERFORMA PERTUMBUHAN DAN RESPON FISILOGIS UDANG
VANAME *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) PADA MEDIA
PEMELIHARAAN BERSALINITAS 2 PPT DAN 4 PPT**

Oleh

META CLAUDIA CHARITY PAKPAHAN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul : **PERFORMA PERTUMBUHAN DAN RESPON FISIOLOGIS UDANG VANAME *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) PADA MEDIA PEMELIHARAAN BERSALINITAS 2 PPT DAN 4 PPT**

Nama : **Meta Claudia Charity Pakpahan**

NPM : 1914111041

Jurusan/Program Studi : Perikanan dan Kelautan/Budidaya Perairan


Fakultas : Pertanian

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing



Dr. Supono, S.Pi., M.Si.
NIP 19701002 200501 1 002



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

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan



Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP 19700815 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Supono, S.Pi., M.Si.



Sekretaris : Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Limin Santoso, S.Pi., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181 989021 002



Tanggal lulus ujian skripsi: 11 Januari 2024

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana/Ahli Madya), baik di Universitas Lampung maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau terdapat yang telah ditulis atau dipublikasi orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama penulisnya dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandar Lampung, Maret 2024

Yang membuat pernyataan,



Meta Claudia Charity Pakpahan

NPM. 1914111041

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tangerang, 22 Desember 2001 sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Dolson Pakpahan dan Ibu Fridawati Siagian. Penulis memiliki dua adik laki-laki bernama Abram George Stephen Pakpahan dan Simeon Bangun Pakpahan. Penulis menempuh pendidikan formal dari Sekolah Dasar (SD) Negeri Karawaci Baru 2 Tangerang yang diselesaikan pada tahun 2013, lalu dilanjutkan pada Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 6 Tangerang diselesaikan pada tahun 2016. Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 8 Tangerang dengan mengambil Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) dan lulus pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang S1 pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis mengikuti Organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) Universitas Lampung sebagai anggota Bidang Pengabdian Masyarakat pada tahun 2020-2021. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di UPT PBI Pringsewu dengan judul “Pembenihan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang) di UPT Pengembangan Budidaya Ikan (PBI) Tulung Agung, Kecamatan Gading Rejo, Kabupaten Pringsewu” pada bulan Juli–Agustus 2022. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Cipicung, Kecamatan Cikedal, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten selama 40 hari dari bulan Januari–Februari 2021. Penulis melaksanakan penelitian tugas akhir pada bulan Maret–Oktober 2023 dengan judul “Performa

Pertumbuhan dan Respon Fisiologis Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) pada Media Pemeliharaan Bersalinitas 2 ppt dan 4 ppt” di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, pencipta saya, pilar kekuatan, sumber inspirasi, pengetahuan, dan pemahaman. Tuhan Yesus telah menjadi sumber kekuatan saya hingga saya beroleh kesempatan untuk menjalani setiap proses dalam penyelesaian skripsi ini.

Bapak Dolson Pakpahan dan Ibu Fridawati Siagian

Mama dan papa tercinta, terima kasih karena tidak pernah menyerah atas saya. Doa, cinta dan kasih yang tidak terbatas, serta seluruh semangat dan dorongan yang diberikan agar terus berjuang telah menguatkan saya untuk menyelesaikan tugas dan tanggung jawab.

Abram George Stephen Pakpahan dan Simeon Bangun Pakpahan

Adik-adik saya terkasih, terima kasih untuk semangat, dukungan dan doa yang selalu diberikan untuk kelancaran dalam setiap proses menyelesaikan karya ini.

Bapak dan Ibu Dosen Terhormat

Terima kasih atas bimbingan dan segenap ilmu yang telah diberikan.

Sahabat dan Teman-teman Terkasih

Terima kasih untuk semangat dan dukungan yang diiringi doa untuk saya.

Almamater tercinta, Universitas Lampung.

MOTO

“Iman adalah dasar dari segala sesuatu yang kita harapkan dan bukti dari segala sesuatu yang tidak kita lihat.”

(Ibrani 11:1)

“Hormatilah ayahmu dan ibumu dan kasihilah sesamamu manusia seperti dirimu sendiri.”

(Matius 19:19)

“Hendaklah kamu murah hati, sama seperti Bapamu adalah murah hati.”

(Lukas 6:36)

“Tak berkesudahan kasih setia Tuhan, tak habis-habisnya rahmat-Nya, selalu baru tiap pagi; besar kesetiaan-Mu! “Tuhan adalah bagianku,” kata jiwaku, oleh sebab itu aku berharap kepada-Nya. Tuhan adalah baik bagi orang yang berharap kepada-Nya, bagi jiwa yang mencari Dia.”

(Ratapan 3:22-25)

“Whenever I’m confused about something, I ask God to reveal the answers to my questions, and He does.”

(Beyonce Knowles)

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan berkat-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Performa Pertumbuhan dan Respon Fisiologis Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) pada Media Pemeliharaan Bersalinitas 2 ppt dan 4 ppt” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Universitas Lampung. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung sekaligus Pembimbing Kedua atas bimbingan, pengetahuan, bimbingan, dukungan, kritik saran, dan waktu yang diberikan dalam menyelesaikan skripsi;
4. Dr. Supono, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Utama atas kesediaan meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, ilmu pengetahuan, dukungan, bantuan, serta masukan berupa kritik dan saran dalam penyempurnaan dan penyelesaian skripsi ini dengan baik;
5. Limin Santoso, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama yang telah memberikan dukungan, bimbingan, kritik, dan saran dalam menyelesaikan skripsi;
6. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Pembimbing Akademik yang telah membantu, memotivasi dan memberikan semangat kepada penulis dalam menjalani masa studi;

7. Seluruh dosen dan staf administrasi Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan;
8. Mama, papa dan adik-adik tercinta yang senantiasa mendoakan dan memberi kasih sayang kepada penulis dalam hidup, serta memberikan dukungan dan semangat selama perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini;
9. Theo Rivend sebagai inspirasi dan sahabat terkasih penulis yang senantiasa membantu, mendukung, dan memotivasi selama penelitian dan dalam proses menyelesaikan skripsi ini;
10. Teman-teman baik penulis, Rutmaida Boru Hombing, Yuni Sulistyawati, Dimas Ramadiansyah, Niluh Ayu Nur Fitriah, Diana Natasya, dan Anjarwati untuk pertemanan dan pengalaman berharga dalam masa studi dan penyelesaian skripsi; dan
11. Teman-teman Budidaya Perairan 2019 yang telah memberikan semangat, pengalaman, motivasi, serta dukungan dalam perkuliahan.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun karena dalam penyelesaian skripsi penulis sadar bahwa skripsi ini belum sempurna. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menambah informasi berupa pengetahuan bagi pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Bandar Lampung, Maret 2024

Penulis

Meta Claudia Charity P.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Kerangka Pikir Penelitian	5
1.5 Hipotesis Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Klasifikasi dan Morfologi	9
2.1.1 Biologi Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	10
2.1.2 Habitat dan Kebiasaan Hidup	11
2.2 Salinitas.....	12
2.3 Makromineral.....	13
2.3.1 Kalium	13
2.3.2 Kalsium.....	14
2.3.3 Natrium.....	14
2.3.4 Magnesium	15
2.4 Kualitas Air	15
2.5 Hemosit Udang	18

III. METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Rancangan Penelitian	23
3.4 Hewan Uji	25
3.5 Prosedur Penelitian	25
3.5.1 Persiapan Wadah	25
3.5.2 Pemberian Makromineral pada Media	25
3.5.3 Pemeliharaan dan Pemberian Pakan	25
3.6 Parameter Penelitian	26
3.6.1 Pertumbuhan Bobot Mutlak	26
3.6.2 Laju Pertumbuhan Spesifik	27
3.6.3 Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)	27
3.6.4 Kualitas Air	27
3.6.5 Jumlah Hemosit Total (THC)	28
3.7 Analisis Data	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil	30
4.1.1 Pertumbuhan Bobot Mutlak	30
4.1.2 Laju Pertumbuhan Spesifik	31
4.1.3 Tingkat Kelangsungan Hidup	32
4.1.4 Kualitas Air	33
4.1.5 Jumlah Hemosit Total (THC)	36
4.2 Pembahasan	37
V. SIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Simpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat-alat yang digunakan pada penelitian.....	21
2. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian	22
3. Perlakuan air salinitas rendah tanpa penambahan makromineral	23
4. Perlakuan dengan dosis makromineral yang berbeda.....	24
5. Jumlah pemberian makromineral pada media	25
6. Kualitas air pada masa pemeliharaan	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian	6
2. Morfologi udang vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	10
3. Siklus hidup udang vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	11
4. Posisi pengambilan hemolim metode injeksi menggunakan syringe	19
5. Pengambilan hemolim udang vaname dengan metode injeksi	19
6. Tata letak penempatan wadah perlakuan	24
7. Pertumbuhan bobot mutlak udang vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	30
8. Laju pertumbuhan spesifik udang vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	31
9. Tingkat kelangsungan hidup udang vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	32
10. pH air selama kegiatan pemeliharaan	33
11. Suhu air selama kegiatan pemeliharaan	34
12. Oksigen terlarut selama kegiatan pemeliharaan	35
13. <i>Total haemocyte count</i> (THC) udang vaname	36
14. Pengamatan hemolim udang vaname	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan jumlah pemberian makromineral	57
2. Tabel program pemberian pakan harian udang vaname	59
3. Analisis data.....	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) adalah komoditas perikanan yang berasal dari perairan Amerika Latin yang dikenal dengan iklim subtropis. Udang menjadi salah satu komoditas penting yang terus berkembang dalam sektor perikanan dan budi daya di Indonesia. Menurut FAO (2023) yang diperoleh dari pantauan data perdagangan dunia menunjukkan bahwa Indonesia berada pada urutan keempat dalam negara-negara eksportir udang terbesar dengan rata-rata nilai ekspor udang pada tahun 2022 sebesar 240.400 ton, dengan negara pengeksportir pada urutan pertama yaitu Ekuador yang diikuti oleh India dan Vietnam. Produksi udang di Indonesia pada tahun 2022 mencapai angka 1,48 juta ton dengan persentase jumlah kenaikan 21,25% dari tahun sebelumnya (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2023).

Salinitas merupakan salah satu parameter fisika air laut yang didefinisikan sebagai total massa materi padat dalam gram yang terdapat dalam satu kilogram air laut setelah diubah menjadi karbonat oksida dengan klorin yang menggantikan bromin dan yodium, serta materi teroksidasi lainnya (Gu dkk., 2023). Hosoda dkk. (2009) menyatakan bahwa air laut memiliki salinitas sekitar 35 ppt, sedangkan air pada pesisir pantai dan sungai yang berdekatan dengan laut memiliki salinitas yang lebih rendah dari air laut. Menurut Wyban & Sweeney (1991) udang vaname memiliki kemampuan beradaptasi dalam perairan dengan rentang salinitas 0,5–40 ppt membuat udang vaname bersifat *euryhaline*. Hal tersebut diikuti pernyataan Bett & Vinatea (2009) bahwa udang vaname dalam habitat alaminya dapat hidup pada rentang salinitas 5–45 ppt dan pada habitat buatan dapat hidup pada rentang salinitas 0–40 ppt. Menurut Soleh dkk. (2021) meskipun bersifat *euryhaline*,

salinitas tetap memiliki peran penting sebagai pendorong regulasi cairan pada proses osmoregulasi dalam tubuh dan menjadi faktor yang berpotensi memodifikasi proses *molting*. Selain bersifat *euryhaline*, menurut Supono (2006) udang vaname memiliki kemampuan hidup dan bertumbuh dengan baik dalam padat tebar yang tinggi. Rahim dkk. (2021) juga menyatakan bahwa udang vaname memiliki ketahanan yang baik terhadap penyakit dan perubahan lingkungan sehingga membuat komoditas ini diminati dalam kalangan pembudi daya di Indonesia.

Pada umumnya budi daya udang vaname dilakukan pada perairan bersalinitas tinggi yang cukup dekat dengan pesisir laut. Menurut Mahulauw dkk. (2022) udang vaname mampu menghasilkan pertumbuhan optimal dalam lingkungan bersalinitas 15-25 ppt. Pelaksanaan budi daya udang pada daerah pesisir pantai tidak jarang menimbulkan isu seperti penyakit, pencemaran hingga merusak ekosistem. Infeksi virus dan bakteri seperti penyakit bintik putih (*white spot*), *acute hepato pancreatic necrosis disease* (AHPND), dan vibriosis menjadi tantangan bagi kegiatan budi daya udang yang dilakukan di pesisir dengan memanfaatkan air laut (Walker & Mohan, 2009). Menurut He dkk. (2019) pertumbuhan virus dan bakteri yang hidup di dalam air laut jauh lebih baik dibandingkan dengan pertumbuhan yang terjadi di dalam media air tawar, hal ini terjadi karena air laut memiliki ketersediaan nutrisi dan bahan organik yang berlimpah untuk menunjang pertumbuhan virus dan bakteri.

Budi daya udang dengan salinitas rendah adalah sebuah inovasi teknologi rekayasa untuk menciptakan lingkungan hidup bagi udang dengan salinitas mulai dari 0 ppt (air tawar) hingga 5 ppt, memanfaatkan sumber air tawar yang berasal dari tanah (Supono, 2019). Penelitian Hadi dkk. (2018) menunjukkan bahwa salinitas air laut yang diturunkan secara gradual dari salinitas 32 ppt hingga turun menjadi 0 ppt menghasilkan persentase tingkat kelangsungan hidup (TKH) pasca adaptasi sebesar 80%. Selanjutnya Nurhasanah dkk. (2021) menyatakan bahwa udang vaname berusia PL₁₁ yang dipelihara dengan metode aklimatisasi gradual hingga mencapai salinitas 0 ppt yang disertai dengan suplementasi CaCO₃ tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak (PBM) dengan

kisaran nilai 0,45–0,72 g serta tidak berpengaruh terhadap TKH dengan persentase berkisar 74,67–94,67%. Hasil penelitian Supono dkk. (2022) yang menggunakan udang vaname berusia PL₁₅ dalam media bersalinitas 5 ppt menunjukkan hasil yang rendah dengan persentase TKH sebesar 47 ± 6 , dengan nilai PBM (g) sebesar $0,6 \pm 0,1$ dan persentase pertumbuhan spesifik (LPS) yaitu $8,4 \pm 0,7$. Selanjutnya menurut Supono dkk. (2022) penambahan kalium sebanyak 100 mg/L pada pemeliharaan udang vaname PL₁₀ dalam media bersalinitas 5 ppt memberikan TKH dengan persentase $74,0 \pm 7,93$ dengan PBM $1,38 \pm 0,33$ dan LPS dengan persentase $10,4 \pm 0,66$. Febriani dkk. (2018) menyatakan bahwa total hemosit udang vaname yang dipelihara dengan kepadatan yang berbeda pada media pemeliharaan yang diturunkan salinitasnya secara gradual hingga mencapai salinitas 10 ppt tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan rentang jumlah total hemosit $4,28 \times 10^6 \pm 1,19$ hingga $6,05 \times 10^6 \pm 1,50$. Lin dkk. (2012) menyatakan bahwa udang vaname yang terpapar salinitas rendah memicu penurunan dalam jumlah total hemosit dan aktivitas PO (*prophenol oxidase*). Dalam hal ini, penelitian-penelitian tersebut mendukung pernyataan bahwa udang vaname dapat hidup dalam salinitas yang luas, namun untuk menunjang pertumbuhan dan persentase kelangsungan hidup yang optimal dibutuhkan ketersediaan mineral yang sesuai untuk kehidupan udang dalam *inland shrimp culture*.

Rendahnya ketersediaan ion karena konsentrasi mineral pada media pemeliharaan yang rendah dapat dikendalikan dengan suplementasi mineral ke dalam media pemeliharaan untuk mencegah terganggunya performa pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname. Sebagai fasilitator ion, ketersediaan mineral dalam air harus tercukupi dengan jumlah yang seimbang. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Taqwa dkk. (2021), pemeliharaan udang vaname PL₁₅ pada pengenceran air laut yang ditambahkan natrium 75 mg/L dan kalium 50 mg/L menjadi salinitas 0,5 ppt dan diberi suplementasi kalsium (Ca) sejumlah 300 mg/L mampu mempersingkat waktu *molting* dan menghasilkan tingkat kelulushidupan 99% hingga usia udang mencapai PL₂₁. Kadar Mg^{2+} yang tereduksi dalam penelitian yang dilakukan oleh Arachchige dkk. (2020) menunjukkan rendahnya pertumbuhan bobot akhir dan osmolalitas hemolim yang mengindikasikan stres pada

udang akibat disfungsi osmoregulasi. Menurut Widodo dkk. (2011) aplikasi kalium dengan konsentrasi 75 mg/L pada air bersalinitas 0–1 ppt memberikan peningkatan terhadap osmoregulasi udang sehingga menyebabkan pertumbuhan yang baik. Nurdianti (2018) menyatakan bahwa penambahan natrium (Na) dan kalium (K) dengan rasio berbeda pada pemeliharaan udang vaname stadia PL₁₅ dalam air bersalinitas 5 ppt dengan rasio Na:K sebesar 27:1 atau 935 mg/l : 34,6 mg/L memberikan pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname yang baik selama 35 hari pemeliharaan.

Pengembangan budi daya udang yang jauh dari wilayah pesisir dengan air bersalinitas rendah tetap dapat dilakukan dengan memanfaatkan air laut sebagai upaya alami pemenuhan mineral yang cukup bagi kebutuhan udang vaname. Berdasarkan penelitian terdahulu tentang pemeliharaan udang vaname dalam rentang salinitas 0–5 ppt dengan penambahan mineral atau tanpa penambahan mineral yang bertujuan untuk meminimalisasi pasokan air laut ketika melakukan *inland shrimp culture*, maka diperlukan kajian agar diketahui salinitas yang tepat di antara rentang 0–5 ppt untuk diperoleh performa pertumbuhan dan respon fisiologis terbaik dalam jangka waktu yang panjang dan secara berkelanjutan. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji performa pertumbuhan dan respon fisiologis udang vaname pada media pemeliharaan bersalinitas 2 ppt dan 4 ppt.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji performa pertumbuhan, respon fisiologis udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), serta kualitas air pada media pemeliharaan dengan penambahan makromineral dan tanpa penambahan makromineral.

1.3 Manfaat Penelitian

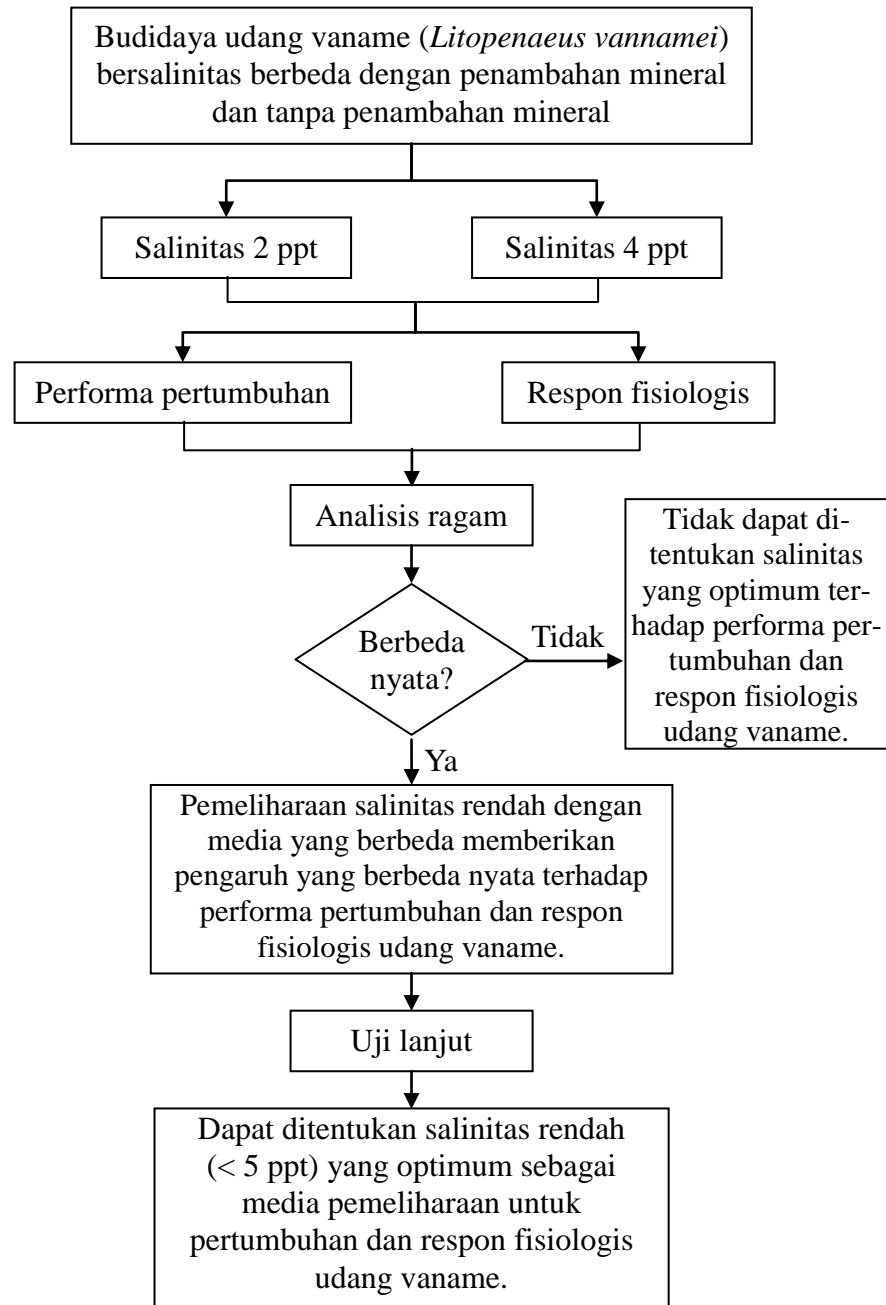
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada pembudi daya udang vaname mengenai performa pertumbuhan dan respon fisiologis udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada media pemeliharaan bersalinitas 2 ppt dan 4 ppt.

1.4 Kerangka Pikir Penelitian

Permintaan ekspor yang meningkat cenderung mendorong volume produksi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Pembudi daya lokal berminat terhadap komoditas udang vaname karena ketahanan hidup udang vaname terhadap densitas yang tinggi. Selain itu, udang vaname memiliki sifat *euryhaline* yang membuat udang vaname dapat hidup dalam salinitas yang luas di antara 0,5–40 ppt, namun pertumbuhan optimal pada udang vaname kerap ditemukan pada salinitas 15–25 ppt. Budi daya udang vaname di wilayah pesisir tidak jarang menimbulkan masalah seperti pencemaran dan kerusakan lingkungan hingga isu penyakit yang mengancam kelangsungan hidup udang vaname. Hal tersebut menjadi perhatian dalam kegiatan budi daya udang vaname agar dapat mengencarkan upaya teknik budi daya lain, seperti dengan memanfaatkan lahan yang cukup jauh dari wilayah pesisir memakai air tanah sebagai sumber air tawar atau bersalinitas rendah. Sebagai komoditas unggulan, perlu dilakukan pengembangan dan pembaruan terhadap teknologi pemeliharaan udang vaname dengan memanfaatkan air bersalinitas rendah dengan baik dan serentak dengan meningkatkan penggunaan lahan kritis.

Budi daya udang vaname dalam salinitas rendah belum umum dilakukan karena penting bagi udang untuk berada pada media pemeliharaan dengan ketersediaan mineral yang cukup. Dalam hal ini mineral yang terkandung dalam air laut mampu mendukung untuk menghasilkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang baik pada udang vaname. Pemeliharaan udang vaname dengan air bersalinitas rendah dapat dimanipulasi oleh penambahan mineral. Namun dalam pelaksanaannya, penambahan mineral ke dalam air bukanlah hal yang sederhana. Penambahan mineral ke dalam air perlu memperhatikan jumlah dengan cara menghitung kebutuhan masing-masing unsur mineral untuk memperoleh kandungan yang seimbang di dalam air media pemeliharaan. Penelitian ini dilakukan dengan dasar aplikasi air tawar menjadi media pemeliharaan bersalinitas rendah yang terdiri atas salinitas 2 ppt dan salinitas 4 ppt. Berdasarkan dengan gagasan tersebut maka diamati perbedaan pengaruh terhadap parameter pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik, tingkat kelangsungan hidup, dan jumlah hemosit total melalui data

yang dianalisis dengan tingkat kepercayaan 90%. Berdasarkan uraian tersebut, disajikan kerangka pikir penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

1.5 Hipotesis Penelitian

1. Hipotesis parameter pertumbuhan bobot mutlak

H_0 : semua $\tau_i = 0$: Semua pengaruh perlakuan media bersalinitas rendah dengan ataupun tanpa penambahan mineral tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu pengaruh perlakuan media bersalinitas rendah dengan ataupun tanpa penambahan mineral yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

2. Hipotesis parameter laju pertumbuhan spesifik

H_0 : semua $\tau_i = 0$: Semua pengaruh perlakuan media bersalinitas rendah dengan ataupun tanpa penambahan mineral tidak berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu pengaruh perlakuan media bersalinitas rendah dengan ataupun tanpa penambahan mineral yang berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

3. Hipotesis parameter tingkat kelangsungan hidup

H_0 : semua $\tau_i = 0$: Semua pengaruh perlakuan media bersalinitas rendah dengan ataupun tanpa penambahan mineral tidak berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu pengaruh perlakuan media bersalinitas rendah dengan ataupun tanpa penambahan mineral yang berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

4. Hipotesis parameter jumlah hemosit total (THC)

H_0 : semua $\tau_i = 0$: Semua pengaruh perlakuan media bersalinitas rendah dengan ataupun tanpa penambahan mineral tidak berbeda nyata terhadap jumlah hemosit total udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu pengaruh perlakuan media bersalinitas rendah dengan ataupun tanpa penambahan mineral yang berbeda nyata terhadap jumlah hemosit total udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

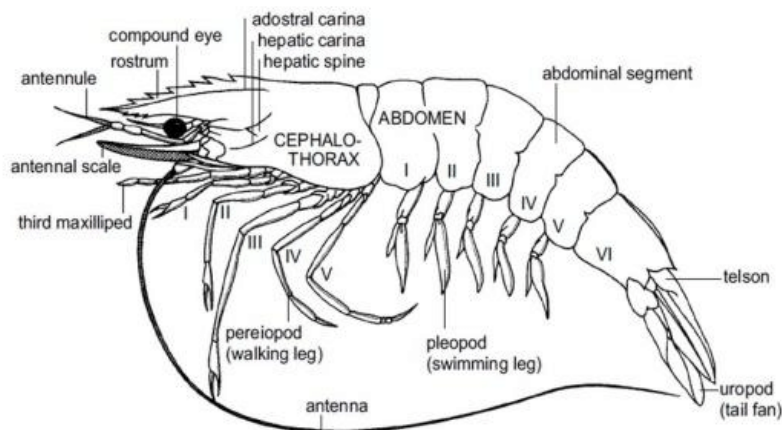
2.1 Klasifikasi dan Morfologi

Udang vaname menurut Wyban & Sweeny (1991) diklasifikasikan sebagai berikut

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Crustacea
Ordo : Decapoda
Famili : Penaeidae
Genus : *Penaeus*
Sub Genus : *Litopenaeus*
Spesies : *Litopenaeus vannamei*

Pada dasarnya tubuh udang terdiri atas 3 bagian yang berdasarkan morfologi yaitu *cephalothorax* yang merupakan bagian kepala hingga badan yang diselimuti oleh karapax, *abdomen* atau perut yang beruas, dan ekor seperti yang disajikan pada Gambar 2. Tubuh spesies yang menjadi bagian dari famili Penaeidae terkonstruksi sempurna untuk menunjang aktivitas mereka di dalam air. Tubuh udang vaname berbentuk lateral pipih dengan dekapoda yang memanjang serta dilengkapi *abdomen* yang telah berkembang dengan baik. Di kepala udang vaname terdapat dua buah antena yang terdiri atas antena dengan antenula dan antena yang memiliki cabang. Antena dengan antenula berperan sebagai indera peraba atau penciuman yang dirangkai dengan dua buah flagelata. Adapun antena lainnya yang memiliki dua buah cabang disusun dengan prosantema yaitu exopodite pipih dan cambuk berukuran panjang yang berperan sebagai indera perasa dan peraba yang disebut dengan endopodite. Pada kepala juga terdapat kaki jalan atau *periopod* sejumlah 5 pasang yang terpisah menjadi 3 pasang *maxiliped* dan 2 pasang *maxillae*. Kaki

renang yang terletak pada *abdomen* berjumlah 6 pasang, sedangkan *uropod* yang menyerupai ekor berjumlah sepasang. Eksoskeleton atau karapas yang terdapat pada *cephalothorax* yang menyelimuti insang serta untuk melindungi bilik insang atau *branchiostegite* (Kawamura dkk., 2018).



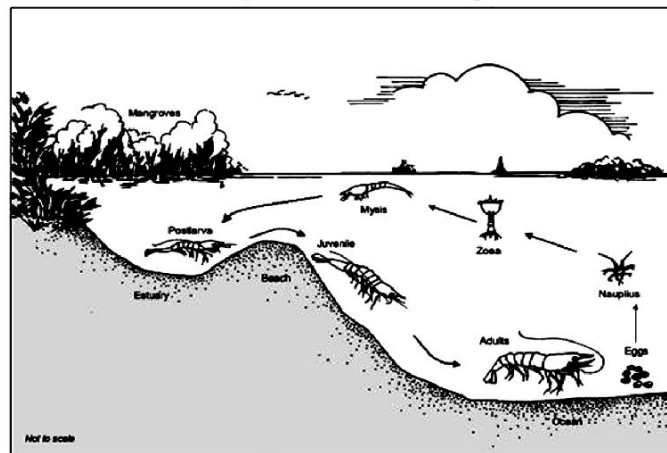
Gambar 2. Morfologi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)
Sumber: Sucharita & Jyoti (2013)

2.1.1 Biologi Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vaname adalah organisme yang hidup di perairan tropis. Udang vaname mengalami siklus hidup pada dua lingkungan atau disebut siklus hidup katadromus. Udang vaname cenderung cukup aktif makan di malam hari, oleh sebab itu udang vaname diketahui sebagai organisme nokturnal. Udang vaname jantan pada dasarnya memiliki pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan dengan udang vaname betina. Spesies ini hidup pada perairan dengan suhu berkisar kurang lebih 25°C setiap tahunnya. Insang udang melekat pada pereon melalui struktur tubular, dengan bentuk seperti pohon, memiliki sumbu dan serangkaian cabang berpasangan yang memanjang (Dugassa & Gaetan, 2018).

Dalam Bondad-Reantaso dkk. (2005) siklus hidup udang dimulai saat betina melepaskan telur di laut, telur menetas menjadi larva yang terdiri atas 3 fase yaitu naupli, zoea dan mysis, kemudian berkembang menjadi postlarva, juvenil dan berakhir menjadi udang dewasa (Gambar 3). Juvenil udang vaname memiliki kemampuan dalam beradaptasi juga terhadap salinitas yang luas, namun sebagian besar

energinya hanya dapat digunakan untuk menyeimbangkan osmoregulasi pada salinitas rendah (Soleh dkk., 2021).



Gambar 3. Siklus hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)
Sumber: Bondad-Reantaso dkk. (2005)

2.1.2 Habitat dan Kebiasaan Hidup

Berdasar pada jenjang dalam daur hidupnya serta jenisnya, udang vaname memiliki habitat yang berbeda-beda. Namun umumnya kelas crustacea merupakan organisme bentis atau biasa hidup pada dasar laut. Menurut Nababan dkk. (2015), udang vaname berasal dari perairan yang berada di Amerika Tengah dan Selatan seperti Venezuela, Panama, Brasil, dan Meksiko dan merupakan spesies pendatang yang telah banyak dibudidayakan dan cukup populer di kalangan masyarakat. Pada kedalaman air berkisar kurang lebih 70 meter yang memiliki substrat berlumpur biasanya dapat ditemukan udang vaname dalam habitat alami.

Udang vaname merupakan organisme nokturnal yang dalam hal ini berarti udang vaname menghabiskan lebih banyak waktunya untuk beraktivitas di malam hari. Udang vaname bersifat katadromus yang ketika musim kawin vaname akan berpindah menuju daerah dengan salinitas tinggi agar dapat mematurasi sel kelamin sehingga dapat memijah dan bertelur, kemudian spesies ini kembali menuju perairan estuari serta bertumbuh dan menghabiskan sisa hidup pada perairan estuari. Udang vaname juga memiliki sifat kanibal, organisme ini mencari mangsa melalui

sebuah organ sensor dan dikategorikan sebagai organisme pemangsa yang cukup lambat (Dugassa & Gaetan, 2018).

2.2 Salinitas

Penentuan jumlah konsentrasi ion minimal menjadi salah faktor utama yang menentukan keberhasilan kegiatan budi daya dengan media pemeliharaan tanpa Salinitas. Kondisi suatu perairan menjadi salah satu hal penting yang memberikan dampak besar terhadap fisiologis organisme. Salinitas adalah suatu kondisi yang menjadi akibat atas keberadaan garam yang terlarut dalam tingkatan tertentu yang dinyatakan dengan satuan permil (‰) atau gram/liter (Febriarta & Widyastuti, 2020). Adapun salinitas dibentuk oleh ion-ion utama seperti natrium, kalsium, kalium, klorida, magnesium, bikarbonat, dan sulfat. Djunaedi dkk. (2017) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kadar salinitas berdampak terhadap proses osmosis karena konsentrasi ion-ion yang terlarut di dalam air. Oleh sebab itu proses energetik pada keseimbangan osmoregulasi yang mendorong laju pertumbuhan sangat bergantung pada tingkatan salinitas dalam suatu perairan.

Pada kegiatan pemeliharaan udang, salinitas air pada media pemeliharaan berpengaruh terhadap kesetimbangan osmotik. Proses osmotik berkaitan dengan osmoregulasi, penyerapan dan pencernaan makanan pada sebagian besar organisme *euryhaline*. Salinitas juga berkaitan serta berdampak dengan ketersediaan oksigen yang terkandung dalam air. Meskipun salinitas berpengaruh terhadap kondisi optimal bagi pertumbuhan udang vaname, namun pada beberapa hal pertumbuhan yang baik tidak selalu berkaitan dengan volume yang tepat bagi titik isoosmotik. Selain itu, kondisi lingkungan yang hiperosmotik dapat mengganggu tahap osmoregulasi pada udang. Tingkat kerja osmotik pada tubuh selalu berhubungan dengan jumlah energi yang digunakan pada proses osmoregulasi. Keadaan dan ketersediaan ion-ion penting pada lingkungan memengaruhi tekanan osmotik sehingga dapat juga mengganggu fungsi fisiologis organisme seperti kebiasaan makan, tingkah laku hingga pertumbuhan (Salsabiela, 2020).

2.3 Makromineral

Pada dasarnya mineral bagi udang vaname berasal dari air laut dan terbagi atas makromineral dan mikro mineral. Mineral berperan sebagai elektrolit dalam tubuh karena mengandung muatan positif. Selain itu mineral juga memiliki fungsi yang penting dalam sistem metabolisme, proses penyusunan jaringan dan pigmentasi. Makromineral terdiri atas kalsium, natrium, kalium, sulfur, magnesium, dan klorida. Menurut Dwiono dkk. (2018), mineral utama merupakan hal krusial yang diperlukan udang dalam mendukung pertumbuhan hingga metabolisme basal. Namun kelebihan mineral pada sebuah perairan juga berpotensi menimbulkan toksisitas pada perairan tersebut, sedangkan kekurangan mineral dalam rentang waktu yang cukup panjang berpotensi menimbulkan defisiensi. Oleh sebab itu, penerapan konsentrasi minimal dan perbandingan mineral dalam media harus seimbang. Beberapa makromineral utama yang penting untuk diperhatikan, di antaranya adalah kalium (K^+) dan kalsium (Ca).

2.3.1 Kalium

Kalium menjadi salah satu makromineral yang berhubungan erat dengan peristiwa *molting*. Lingkungan dengan kandungan K^+ yang relatif tinggi memberikan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi bagi udang vaname. Kalium dikategorikan sebagai senyawa aktif yang dibutuhkan untuk mempertahankan Na^+ , K^+ , dan sintase ATP serta komponen yang cukup penting dalam regulasi ekstraseluler pada level yang serupa dengan air laut yang diencerkan sehingga memiliki salinitas yang sama. Taqwa dkk. (2021) menyatakan bahwa pemberian potasium dan kalsium dalam air tawar pengencer berpotensi dalam mendukung aktivitas osmotik. Pada budi daya salinitas rendah, stres pada vaname dapat dicegah dengan menambahkan kalium ke dalam media aklimatisasi (Dwiono dkk., 2018).

Penelitian Zacarias dkk. (2018) menunjukkan bahwa pemberian kalium dan magnesium dengan rasio yang berbeda dari awal hingga akhir penelitian menghasilkan laju pertumbuhan spesifik, bobot akhir, biomassa akhir, serta SR yang hampir serupa. Hal tersebut dapat terjadi akibat interaksi antara konsentrasi potasium dan magnesium pada media pemeliharaan, sehingga nilai rata-rata yang diperoleh

pada penelitian tersebut melebihi nilai minimum yang dibutuhkan dalam kegiatan pemeliharaan udang vaname pada media pemeliharaan yang bersalinitas rendah. Selanjutnya Kaligis (2016) membuktikan bahwa pemberian kalium pada media pemeliharaan dengan dosis 60 mg/L berhasil membuat peningkatan pada laju pertumbuhan udang vaname pascalarva.

2.3.2 Kalsium

Salah satu susunan makromineral adalah kalsium yang membantu udang vaname selama *molting*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Scabra dkk. (2021) menunjukkan bahwa dengan penambahan mineral kalsium diperoleh hasil yang nyata terhadap laju pertumbuhan udang vaname. Udang membutuhkan jumlah kalsium yang cukup tinggi dengan kisaran lebih dari 80% karena pada proses *molting* udang akan kehilangan banyak kalsium. Oleh karena berperan penting selama proses *molting*, kalsium diperlukan dengan jumlah yang cukup banyak untuk dapat menggantikan jumlah kalsium yang dibutuhkan ketika proses pergantian kulit. Proses penyerapan kalsium dari lingkungan dapat dilakukan oleh udang melalui insang, epidermis, atau keduanya.

2.3.3 Natrium

Natrium mengandung muatan ion positif (Na^+) berdasarkan muatan dalam molekul. Pada perairan, rendahnya salinitas merupakan akibat dari terurainya ion NaCl menjadi Na^+ dan Cl^- . NaCl memiliki peranan yang penting di dalam air, khususnya bagi organisme akuatik. Pemberian NaCl atau natrium klorida pada beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa NaCl dapat mereduksi tingkat toksisitas nitrit pada perairan. Penelitian yang dilakukan Zhou dkk. (2012) menunjukkan bahwa penambahan NaCl ke dalam pakan dengan dosis 20 dan 40 g/kg^{-1} memberikan dampak yang baik terhadap udang yang dipelihara dalam salinitas yang rendah. Penambahan NaCl tersebut berhasil meningkatkan pertumbuhan selama masa percobaan. Dengan demikian pemberian NaCl dapat menjadi alternatif untuk memperbaiki bobot dalam pertumbuhan udang vaname yang dipelihara dengan memanfaatkan air tawar.

2.3.4 Magnesium

Sebagian besar aktivitas enzim seperti merangsang hormonal, proses sintesis protein hingga pembelahan sel didorong oleh magnesium. Magnesium (Mg^{2+}) merupakan kation divalen intraseluler yang dapat ditemui pada sebagian besar krustasea eksoskeleton. Pada dasarnya magnesium diperlukan sebagai transpor dalam proses sintesis protein bagi ion-ion seperti kalium dan kalsium. Tidak seperti makromineral lainnya, kadar magnesium yang terlarut dalam air tawar biasanya lebih rendah sehingga mengakibatkan rendahnya penyerapan magnesium yang berasal dari lingkungan dan tidak mencukupi kebutuhan metabolisme organisme akuatik. Menurut Pan dkk. (2006), konsentrasi Mg^{2+} yang suboptimal menunjukkan penurunan pada osmolalitas hemolim dan kapasitas osmoregulasi udang. Selain itu, seiring meningkatnya konsentrasi Mg^{2+} pada lingkungan maka Na^+ , K^+ dan aktivitas ATPase akan turut mengalami peningkatan. Pada postlarva Na^+ , K^+ dan aktivitas ATPase menunjukkan korelasi negatif terhadap rasio Na^+/K^+ , sedangkan pada rasio Mg^{2+}/Ca^{2+} memiliki korelasi positif dan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan sehingga dapat diketahui bahwa Na^+ , K^+ tidak hanya bergantung pada rasio Mg^{2+}/Ca^{2+} , namun juga bergantung pada konsentrasi mutlak dari Mg^{2+} dan Ca^{2+} (Pan dkk., 2006).

2.4 Kualitas Air

Kualitas air dalam budi daya udang merupakan faktor fundamental yang berdampak pada pertumbuhan, perkembangan, dan kelangsungan hidup udang vaname. Kualitas air terbagi atas parameter fisika, parameter kimia dan parameter biologis air yang memengaruhi kesehatan dan kehidupan populasi udang vaname. Menurut Arsad dkk. (2017) kualitas air media pemeliharaan udang yang buruk dapat mendorong perkembangbiakan organisme patogen yang dapat mengurangi nafsu makan, menghambat pertumbuhan udang vaname, hingga mengancam kesehatan udang yang disebabkan serangan patogen. Pengelolaan air yang baik dan teratur perlu dilakukan selama pemeliharaan udang vaname. Adapun parameter kualitas air yang diamati selama penelitian adalah derajat keasaman (pH), suhu, kadar oksigen terlarut (DO), alkalinitas, total amonia nitrogen (TAN), amonia, dan kepadatan vibrio.

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter kimia yang berperan untuk menjaga keseimbangan kualitas air pemeliharaan udang. Boyd (2015) menyatakan bahwa nilai pH merupakan faktor penting dalam kualitas air karena berbagai reaksi kimia air saling terikat dengan nilai pH. Air dalam media pemeliharaan udang dengan nilai pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan udang stres, dan menyebabkan kulit udang menjadi lunak hingga mampu menghambat pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang. Menurut Renitasari & Musa (2020) nilai pH yang baik untuk menunjang pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang berkisar di antara 6,8 sampai 8,5. Peningkatan nilai pH dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi amonia, sedangkan konsentrasi H₂S meningkat pada kondisi pH perairan yang rendah (Boyd, 2015).

Suhu adalah nilai yang diperoleh dari derajat panas atau dingin dalam media pemeliharaan udang vaname. Suhu air merupakan faktor lingkungan penting lainnya yang berdampak pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname. Suhu pada air berpengaruh erat dengan nafsu makan dan proses metabolisme udang vaname. Suhu rendah sangat erat kaitannya dengan sistem kekebalan dan antioksidan dalam tubuh udang udang, juga merupakan faktor stres yang paling penting dalam pemeliharaan udang (Xu dkk., 2019). Suhu rendah tidak hanya menyebabkan gangguan metabolisme, kerusakan fungsi fisiologis, tetapi juga memengaruhi oksigen terlarut dan faktor lingkungan lainnya, yang menyebabkan kerentanan pada udang yang dipelihara. Menurut Abdelrahman dkk. (2019) suhu yang optimal untuk pemeliharaan udang vaname berada di antara 23,5–31,5 °C. Selama fluktuasi suhu, udang dapat mengalami stres, yang mengakibatkan *upregulation* atau kondisi dimana terjadi perubahan dalam fungsi dan jumlah reseptor yang terkait dengan stres pada hepatopankreas dan hemosit (Wang dkk., 2019).

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) dalam air media budi daya tidak hanya penting untuk proses fisika, kimia, dan biologi di dalam air. Udang vaname merupakan organisme aerobik sehingga oksigen terlarut berperan penting dalam kelangsungan proses respirasi dan kelangsungan hidupnya (Wafi dkk., 2021). Indikator utama kebutuhan oksigen udang vaname adalah tingkat konsumsi oksigen (OCR).

Menurut Rahmi dkk. (2023), jumlah konsentrasi oksigen terlarut yang baik bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang adalah lebih dari 5,8 mg/L. Mempertahankan tingkat oksigen terlarut yang cukup sangat penting dalam pemeliharaan vaname karena memiliki dampak langsung pada kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan kesehatan udang secara keseluruhan.

Dalam budi daya udang vaname, alkalinitas mengacu pada kemampuan air untuk menetralkan asam dan sangat penting untuk menjaga pH agar tetap stabil bagi udang, atau yang disebut juga dengan fungsi penyangga (*buffer*) (Furtado dkk., 2015). Konsentrasi amonia dan nitrit yang berlebihan dapat berdampak buruk pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname. Penambahan alkalinitas di dalam air mampu menetralkan zat-zat berbahaya ini, dan mengurangi keberadaannya di dalam air. Yunarty dkk. (2022) menjelaskan bahwa alkalinitas antara 80–140 mg/L merupakan kisaran alkalinitas yang baik untuk menjaga keseimbangan pH dalam air media pemeliharaan udang vaname.

Amonia merupakan parameter kualitas air lainnya yang penting dalam budi daya udang vaname karena dampaknya yang cukup berbahaya bagi spesies ini. Konsentrasinya dapat meningkat dengan cepat dalam sistem budi daya intensif sebagai hasil dari penguraian bahan organik, pakan yang tidak termakan, dan sisa metabolisme udang. Kadar amonia terlarut yang tinggi dalam air dapat menyebabkan stres, terhambatnya pertumbuhan, atau bahkan kematian pada udang vaname (Xu dkk., 2020). Berdasarkan Permen KPRI No. 75 Tahun 2016, kadar amonia yang terlarut dalam air media pemeliharaan udang vaname adalah $\leq 0,01$ mg/L. Amonia yang terakumulasi dengan nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan dikomposit oleh amonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) disebut dengan total amonia nitrogen (TAN). Dalam budi daya udang, TAN mengacu pada penumpukan nutrisi penting yang diperlukan untuk pertumbuhan plankton di tambak udang intensif (Ariadi dkk., 2022). Selanjutnya menurut Ariadi dkk. (2019) jumlah total amonia nitrogen yang terkandung dalam air media pemeliharaan udang vaname yang baik adalah $\leq 0,1$ mg/L.

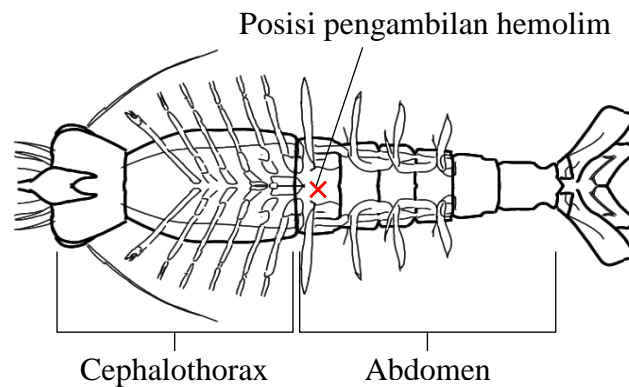
Dalam kegiatan budi daya, penting untuk memantau kesehatan udang. Dalam budi daya udang, bakteri *Vibrio* sp. merupakan salah satu bakteri yang paling umum ditemukan, bakteri ini merupakan salah satu bakteri yang berpotensi memicu kematian yang massal pada tambak-tambak udang (Asni dkk., 2023). Faktor pendukung yang dapat mempercepat pertumbuhan bakteri ini adalah fluktuasi secara tiba-tiba terhadap parameter kimiawi air, seperti perubahan suhu dan salinitas air media pemeliharaan udang vaname. Menurut Feliatra dkk. (2011) pertumbuhan vibrio berlangsung dengan baik pada kondisi air bersalinitas 20–40 ppt. Pencegahan dini seperti pengendalian masuknya patogen ke dalam air budi daya udang dan kontrol terhadap kesehatan udang dan kondisi air dapat mencegah timbulnya penyakit yang mengancam kelangsungan hidup udang vaname.

2.5 Hemosit Udang

Sel darah pada udang disebut sebagai hemolim yang merupakan sel darah putih pada organisme vertebrata lain, karena darah udang tidak memiliki sel hemoglobin. Menurut Duggassa & Gaetan (2018) udang vaname memiliki sistem peredaran darah terbuka yang terdiri atas jantung, saluran terkait dan sinus haemal, jaringan hematopoietik, serta organ limfoid. Selain berperan sebagai pertahanan tubuh, bagi udang vaname hemosit dapat diamati untuk mengetahui respon fisiologis yang dihasilkan udang vaname terhadap partikel asing yang masuk ke dalam tubuh baik yang berasal dari pakan atau lingkungan.

Hemolim bertanggung jawab untuk mengangkut nutrisi, garam, air dan oksigen ke seluruh jaringan tubuh udang vaname. Hemolim juga berperan dalam membuang sisa metabolisme, kelebihan garam, dan air. Hemolim terbagi atas sel hialin, sel granulosit, dan sel semi granular. Sel hialin dalam tubuh udang berfungsi sebagai pertahanan pertama terhadap patogen dari lingkungan yang menyerang tubuh udang. Menurut Smith & Soderhall (1983) sel hialin dalam imunitas udang memiliki peranan dalam proses fagositosis, demikian juga dengan sel semi granular walau perannya terbatas. Soderhall dkk. (1985) menyatakan bahwa sel eukariotik yang berasal dari lingkungan dapat dilisiskan oleh sel granular dan sel semi granular, hal tersebut menjadikan sel ini bersifat sitotoksik. Sel granular dan sel semi

granular juga berperan dalam menyimpan dan melepaskan sistem proPO (*prophenol oxidase*) yang penting dalam enkapsulasi untuk meningkatkan mekanisme pertahanan tubuh udang. Hal tersebut diperkuat oleh Wang & Chen (2006) yang menyatakan bahwa sel hialin bertanggung jawab pada proses fagositosis, sedangkan sel granular dan semi granular berperan dalam pelepasan sistem proPO dalam fungsi imunitas udang. Novriadi dkk. (2022) melakukan pengambilan hemolim dengan metode yang umum digunakan yaitu hemolim udang diambil menggunakan jarum suntik steril bervolume 1 mL dengan larutan antikoagulan pada bagian pangkal pleopod antara ruas abdominal dekat lubang genital seperti yang disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Posisi pengambilan hemolim metode injeksi menggunakan *syringe*



Gambar 5. Pengambilan hemolim udang vaname dengan metode injeksi
Sumber: Novriadi dkk. (2022)

Darwanti & Sidik (2016) menyatakan bahwa sel hialin pada krustasea memiliki kisaran persentase antara 60–93% dari jumlah total hemosit, disusul dengan persentase 17–40% oleh sel granulosit, dan rata-rata jumlah sel semi granular dengan

rata-rata persentase 13–49%. Menurut Putri dkk. (2013) udang vaname dengan bobot rata-rata $8,07 \pm 0,2$ gram memiliki total jumlah hemosit rata-rata $25,92 \pm 3,91 \times 10^6$ sel/mL. Total jumlah hemosit yang normal pada udang berkisar antara $20 \times 10^6 - 40 \times 10^6$ sel/mL (Chang dkk., 1999). Dalam Chethurajupalli & Tambireddy (2021) diketahui bahwa udang vaname yang sehat dengan bobot rata-rata $8,98 \pm 0,54$ gram diperoleh total jumlah hemosit rata-rata $24,17 \pm 1,78 \times 10^6$ sel/mL. Dengan demikian diketahui bahwa total jumlah hemosit udang vaname yang normal adalah 10^6 sel/mL.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli–Agustus tahun 2023 di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Alat-alat yang digunakan pada penelitian

No.	Alat	Spesifikasi	Kegunaan
1.	Container CB-70	60,7×42,3×37,5 cm ³	Wadah pemeliharaan udang vaname.
2.	Instalasi aerasi	Selang dan batu aerasi	Perantara aerasi dan blower untuk menyalurkan udara.
3.	DO meter	YSI 55 dissolved oxygen instrument	Mengukur tingkat oksigen yang terlarut dalam air dan suhu air.
4.	Refraktometer	Digital water QM	Mengukur konsentrasi senyawa terlarut dan pH air.
5.	<i>Scoop net</i>	10 cm	Mengambil udang/bahan lain dalam media pemeliharaan.
6.	<i>Blower</i>	Resun GF=250 Air Pump	Mengendalikan tekanan udara tersalur ke media pemeliharaan.
7.	Selang sifon	5/8 inci	Alat untuk membersihkan media pemeliharaan.
8.	Timbangan	Genius digital scale DC-LCD	Menimbang bahan-bahan dan udang.
9.	<i>Spreader</i>	Terbuat dari bahan borocylcate	Alat untuk menyebarkan sampel air pada media.
10.	Erlenmeyer	Iwaki pyrex, Jepang	Penampung larutan kimia.
11.	Pipet tetes	Pipet kaca 9 cm	Meneteskan larutan.
12.	<i>Micropipette</i>	DragonLab Adjustable 1-CH	Media untuk meneteskan larutan dalam takaran tertentu.
13.	Tabung sampel	Eppendorf 1,5 mL	Menampung hemolim.
14.	Bunsen	Terbuat dari bahan borocylcate	Alat pemanas dalam sterilisasi pada uji vibrio.

Tabel 1. Alat-alat yang digunakan pada penelitian (lanjutan)

No.	Alat	Spesifikasi	Kegunaan
15.	Cawan petri	18 × 95 mm	Tempat untuk membuat media TCBS dalam uji vibrio.
16.	<i>Magnetic stirrer</i>	SH-2 Digital Lab Thermostatic HP	Menghomogenkan media TCBS.
17.	<i>Haemocytometer</i>	Assistant, Germany	Alat untuk pengamatan THC.
18.	<i>Yellowtip</i> dan <i>bluetip</i>	Onelab	Digunakan pada <i>micropipette</i> dalam mengambil larutan.
19.	Spektrofotometer	Genesys 20 VIS	Menghitung jumlah konsentrasi senyawa sampel dalam uji TAN.
20.	Kertas saring	Qualitative FP φ 90 mm	Media penyaring air dalam uji alkalinitas.
21.	Tabung reaksi	Iwaki pyrex, Jepang	Tempat larutan untuk dihomogenkan dalam uji TAN.
22.	Alat bedah	Gold Cross Set	Alat untuk membedah udang.
23.	Mikroskop	Yazumi XSZ-107BN	Alat bantu dalam pengamatan hemolim.
24.	<i>Cuvet</i>	Terbuat dari bahan <i>quartz glass</i>	Wadah sampel larutan pada dalam spektrofotometer.
25.	Buret	Iwaki pyrex, Jepang	Alat untuk melakukan titrasi.
26.	Alu dan mortar	Terbuat dari bahan porselen	Alat untuk menggerus usus udang sebelum pengamatan hemolim.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian

No.	Bahan	Spesifikasi	Kegunaan
1.	Udang vaname	Stadia PL ₅	Hewan uji.
2.	Mineral sodium	Sumber dari NaCl	Sebagai sumber Na.
3.	Mineral magnesium	Sumber dari MgCl ₂	Sebagai sumber Mg.
4.	Mineral kalsium	Sumber dari CaCO ₃	Sebagai sumber Ca.
5.	Mineral potasium	Sumber dari KCl	Sebagai sumber K.
6.	Pakan komersil	Ecobest 1A	Pakan hewan uji.
7.	Akuades	-	Melarutkan senyawa kimia.
8.	Media agar	TCBS	Media selektif pada uji vibrio.
9.	Alkohol	Konsentrasi 70%	Pelarut sterilisasi dalam uji vibrio.
10.	Larutan NH ₄ Cl	Merck 1.01145.1000	Larutan standar TAN.
11.	Larutan MnSO ₄	Merck 1.05941.0250	Pelarut dalam uji TAN.
12.	Larutan <i>phenate</i>	Merck 1.00206.1000	Pelarut dalam uji TAN.
13.	<i>Hypoclorous</i>	Desinfektan HOCl	Pelarut dalam uji TAN.
14.	Larutan H ₂ SO ₄	Merck 1.00731.2500	Pelarut dalam mengetahui total alkalinitas.
15.	Indikator PP	Merck 1.07233.0100	Pembandingan untuk titrasi dalam uji alkalinitas.
16.	Na Sitrat	Konsentrasi 3,8%	Sebagai antikoagulan.

Tabel 2. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian (lanjutan)

No.	Bahan	Spesifikasi	Kegunaan
17.	Indikator BCG-MR	Dari bromocresol green dan methyl red	Larutan indikator tingkat keasaman.
18.	Etanol	Konsentrasi 95%	Pelarut indikator PP dan BCG-MR.
19.	Natrium nitroprussid	Merck 1.06541.0025	Katalis dalam uji TAN.
21.	Air tawar	Air tanah	Media pemeliharaan udang vaname.
22.	Air laut	-	Media pemeliharaan udang vaname.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas 4 perlakuan dengan pengulangan setiap perlakuan yaitu sebanyak 4 kali. Perlakuan yang digunakan yaitu perlakuan dengan tingkat salinitas di antara 2 ppt dan 4 ppt dengan perlakuan berbeda, yaitu perlakuan penambahan makromineral natrium (Na), magnesium (Mg), kalsium (Ca), serta potasium (K) dengan dosis yang berbeda pada media pemeliharaan air tawar dan perlakuan dengan air tawar yang dicampurkan air laut dengan ukuran yang telah ditentukan (Tabel 4) dan perlakuan tanpa penambahan makromineral (Tabel 3). Perlakuan air bersalinitas rendah 2 ppt dan 4 ppt tanpa penambahan makromineral disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perlakuan air salinitas rendah tanpa penambahan makromineral

Komposisi air tawar + laut	Perlakuan	
	A (setara 2 ppt)	B (setara 4 ppt)
Air tawar (L)	46	42
Air laut (L)	4	8

Perlakuan air tawar yang ditambahkan makromineral dengan dosis yang berbeda disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perlakuan dengan dosis makromineral yang berbeda

Komposisi Mineral	Perlakuan	
	C (setara 2 ppt)	D (setara 4 ppt)
Na (mg/L)	608,7	1.217,4
Mg (mg/L)	78,3	156,5
Ca (mg/L)	23,2	46,3
K (mg/L)	22,0	44,0

Model rancangan acak lengkap (RAL) yang diterapkan yaitu:

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

Y_{ij} : respon perlakuan ke-i

μ : nilai tengah umum

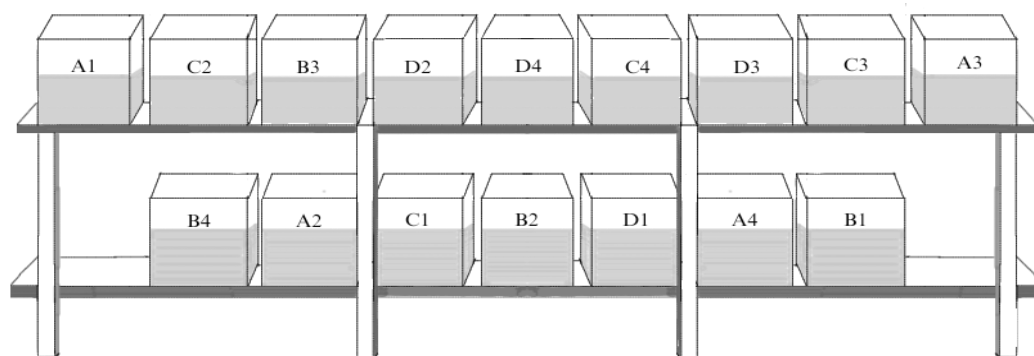
τ : pengaruh salinitas yang berbeda ke-i

ε_{ij} : galat percobaan pada pengaruh perlakuan salinitas ke-i dan ulangan ke-j

i : perlakuan ke-i

j : ulangan ke-j

Penempatan wadah pemeliharaan dilakukan secara acak dan disajikan dalam Gambar 6.



Keterangan :

A : Pemberian air laut ke dalam air tawar setara 2 ppt (mg/L)

B : Pemberian air laut ke dalam air tawar setara 4 ppt (mg/L)

C : Pemberian Na, Mg, Ca, dan K ke dalam air tawar setara 2 ppt (mg/L)

D : Pemberian Na, Mg, Ca, dan K ke dalam air tawar setara 4 ppt (mg/L)

n = 50 ekor/kontainer

Gambar 6. Tata letak penempatan wadah perlakuan

3.4 Hewan Uji

Udang uji pada penelitian menggunakan benur udang vaname dengan usia PL 5 bersalinitas 0 ppt dengan rata-rata bobot awal 0,001 gram yang berasal dari *hatchery* di Kalianda, Lampung Selatan. Sebelum benur dipelihara pada wadah perlakuan, terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi. Pemeliharaan udang vaname dilakukan selama 30 hari di dalam kontainer. Masing-masing kontainer pemeliharaan memuat 50 ekor udang vaname dengan kepadatan benur pada awal penelitian yaitu 1 ekor/L atau 50 ekor per kontainer.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Wadah

Penelitian ini memanfaatkan wadah berupa kontainer plastik CB-70 yang telah disterilisasi dengan cara dicuci dengan air mengalir, kemudian dibersihkan, dan dikeringkan kontainer selama satu hari. Penyusunan dan pemberian label pada kontainer-kontainer tersebut berdasarkan pada rancangan penempatan wadah perlakuan. Pengisian air ke dalam kontainer sebanyak 50 liter air tawar dan selanjutnya dilakukan pemberian aerasi.

3.5.2 Pemberian Makromineral pada Media

Makromineral (kalium, kalsium, magnesium, dan natrium), terlebih dahulu ditimbang sesuai dosis tiap-tiap perlakuan, selanjutnya pemberian makromineral dilakukan dengan cara mencampurkan pada air di dalam wadah pemeliharaan. Perhitungan dosis mineral pada perlakuan C dan D disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah pemberian makromineral pada media

Salinitas (ppt)	Pemberian makro mineral (g)			
	NaCl	MgCl ₂	CaCO ₃	KCl
2	78,04	15,65	2,89	2,11
4	156	31,3	5,79	4,23

3.5.3 Pemeliharaan dan Pemberian Pakan

Kegiatan pemeliharaan dan pengamatan udang vaname dilakukan selama 30 hari. Udang vaname diberi pakan komersil berupa pelet SI-01 dengan komposisi

protein 30%, lemak 6%, serat 3,5%, dan kadar abu 13%. Menurut Hakim dkk. (2018) untuk menunjang pertumbuhan yang baik, udang membutuhkan pakan yang mengandung komposisi protein 28-30%, lemak 5%, dan serat kasar 4%. Pemberian pakan diberikan dengan frekuensi empat kali dalam sehari, yaitu pada pukul 08.00, 11.00, 14.00, dan 17.00 WIB dengan metode *blind feeding* berdasarkan asumsi bobot udang vaname (Supono, 2017). Program pemberian pakan harian ditentukan berdasarkan hasil dari pengambilan data bobot udang vaname pada awal pemeliharaan sejumlah 25 ekor dari jumlah populasi yang kemudian diperoleh hasil jumlah pakan harian yang diberikan selama masa pemeliharaan.

Kualitas air dibersihkan dan disifon pada pertengahan dan akhir penelitian untuk mencegah terjadinya stres pada udang. Setelah media pemeliharaan dibersihkan, dilakukan juga pergantian air yang diambil dari tandon yang telah disesuaikan dengan perlakuan yang berfungsi untuk menjaga komposisi air media pemeliharaan pada tiap perlakuan tetap terakumulasi. Data bobot udang vaname diambil pada awal pemeliharaan dilakukan dengan mengambil sejumlah 25 ekor benur dari jumlah populasi untuk diketahui bobot rata-rata udang vaname dan diperoleh ukuran jumlah pakan harian yang diberi selama 30 hari.

3.6 Parameter Penelitian

3.6.1 Pertumbuhan Bobot Mutlak

Pertumbuhan bobot mutlak diamati untuk mengetahui pertumbuhan yang dialami oleh udang vaname selama pemeliharaan. Menurut Hu dkk. (2008) perhitungan pertumbuhan mutlak dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$AW = W_t - W_o$$

Keterangan:

AW : Pertumbuhan bobot mutlak (g)

W_t : Bobot pada waktu t (g)

W_o : Bobot awal tebar (g)

3.6.2 Laju Pertumbuhan Spesifik

Specific growth rate (SGR) merupakan perubahan yang terjadi pada individu yang diperoleh dari selisih ukuran akhir interval dengan ukuran awal interval. Menurut Huisman (1987), laju pertumbuhan spesifik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$SGR = \sqrt[t]{\frac{W_t}{W_o}} - 1 \times 100\%$$

Keterangan:

- SGR : Laju pertumbuhan spesifik (hari)
 \bar{W}_t : Bobot rata-rata pada waktu t (g/ekor)
 \bar{W}_o : Bobot rata-rata awal tebar (g/ekor)
 t : Waktu pemeliharaan (hari)

3.6.3 Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)

Tingkat kelangsungan hidup (TKH) diperoleh dengan mencari persentase udang yang hidup hingga akhir masa pemeliharaan. Tingkat kelangsungan hidup dalam hal ini berkaitan dengan mortalitas sehingga diamati untuk mengetahui jumlah udang vaname yang mati selama masa percobaan. Menurut Hseu dkk. (2003) tingkat kelulushidupan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

- SR : Tingkat kelangsungan hidup (%)
 N_t : Populasi udang hidup di akhir pemeliharaan
 N_o : Populasi udang pada awal tebar

3.6.4 Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diamati selama penelitian adalah derajat keasaman (pH), kadar oksigen terlarut (DO), suhu, alkalinitas, TAN, amonia dan kepadatan vibrio. Pada kegiatan penelitian pengukuran pH, suhu dan DO dilakukan terhadap masing-masing unit percobaan dengan frekuensi lima hari sekali. Pengukuran amonia, salinitas, kepadatan vibrio, dan alkalinitas dilakukan dua kali sepanjang

pemeliharaan, yaitu pada awal dan akhir pemeliharaan, sedangkan pengukuran TAN dilakukan pada akhir penelitian. Adapun alat yang digunakan dalam kegiatan pengukuran adalah termometer, DO meter, pH meter, dan refraktometer.

3.6.5 Jumlah Hemosit Total (THC)

Jumlah hemosit total atau *total haemocyte count* (THC) merupakan salah satu parameter dalam pengamatan respon fisiologis udang untuk mengetahui status kesehatan dan imunitas udang vaname. Menurut Fendjalang dkk. (2016) nilai yang diperoleh dari fitur sistem pertahanan udang (hemosit) dapat digunakan untuk mengetahui kesehatan udang hingga sebagai indikator terjadinya stres pada udang vaname. Dalam penelitian ini setiap sampel hemolim diambil dari 3 ekor udang vaname pada setiap ulangan. Pengukuran jumlah total hemosit (THC) diamati dengan menggunakan hemositometer lalu dihitung dengan menggunakan persamaan (Wootton dkk., 2003):

$$\text{Total Haemocyte Count (THC)} = \frac{\text{ACC} \times \text{DF} \times 2 \times 10^4}{\text{HV}}$$

Keterangan:

ACC : Jumlah sel terhitung (*average cell count*)

HV : Volume hemositometer (*haemocytometer volume*)

DF : Faktor pengenceran (*diluent factor*)

Pengambilan hemolim udang dilakukan dengan mengambil sebanyak 3 ekor udang dari setiap ulangan, dibedah tubuhnya, dan diambil ususnya. Usus udang diletakkan di mortar, sebelum usus digerus diteteskan terlebih dahulu dengan 40 μL larutan antikoagulan (natrium sitrat 3,8%). Hemolim segar yang telah dihasilkan dari proses penggerusan diambil dan ditempatkan ke dalam tabung sampel *ependorf* 1,5 mL untuk diukur jumlah total hemosit.

3.7 Analisis Data

Beberapa parameter kuantitatif yang diamati dalam penelitian, seperti bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik, tingkat kelulushidupan dan jumlah total hemosit (THC) pada masing-masing perlakuan dianalisis dengan menggunakan analisis

sidik ragam (Anova) dengan tingkat kepercayaan 90% memanfaatkan program IBM SPSS, sedangkan pada parameter kualitas air dan ditabulasi pada Microsoft Excel dan dianalisis secara deskriptif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Penambahan makromineral natrium (Na), magnesium (Mg), kalsium (Ca), dan potasium (K) dengan dosis yang berbeda dalam media pemeliharaan air tawar tidak menghasilkan pengaruh yang berbeda nyata, baik terhadap performa pertumbuhan maupun respon fisiologis udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Udang dalam perlakuan tersebut mengalami mortalitas secara perlahan sebelum masa pemeliharaan berakhir.
2. Pengaruh pemeliharaan udang vaname bersalinitas alami (2 ppt dan 4 ppt) berbeda nyata terhadap performa pertumbuhan maupun respon fisiologis. Perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan B yaitu salinitas alami 4 ppt.
3. Pemeliharaan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada salinitas 2 ppt dan 4 ppt belum bisa dilakukan dengan penambahan mineral teknis.

5.2 Saran

1. Pembudi daya dapat menerapkan budi daya udang vaname bersalinitas rendah menggunakan pengenceran air laut dengan air tawar hingga bersalinitas 4 ppt untuk menghasilkan udang yang sehat.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jumlah dan dosis makromineral yang berbeda pada salinitas 2 dan 4 ppt.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelrahman, H. A., Abebe, A., & Boyd, C. E. 2019. Influence of variation in water temperature on survival, growth and yield of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in inland ponds for low salinity culture. *Aquaculture Research*, 50: 658-672.
- Annisa, Marzuki, M., Setyono, B. D. H., & Scabra, A. R. 2021. Tingkat kelulusan hidup postlarva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dipelihara pada salinitas rendah dengan menggunakan metode aklimatisasi bertingkat. *Jurnal Perikanan*, 11(1): 129-140.
- Arachchige, H. S. C. G., Roy, L. A., & Davis, D. A. 2020. The effects of magnesium concentration in low salinity water on growth of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Research*, 52(2): 589-597.
- Ariadi, H., Mohamad, F., Mohammad, M., & Supriatna. 2019. The relationships between water quality parameters and the growth rate of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in intensive ponds. *AAFL Bioflux*, 12(6): 2103-2116.
- Ariadi, H., Syakirin, M. B., Hidayati, S., Madusari, B. D., & Soeprapto, H. 2022. Fluctuation effect of dissolved of TAN (total ammonia nitrogen) on diatom abundance in intensive shrimp culture ponds. *IOP Conf. Ser.: Earth and Environ. Sci.*, 1118(1): 1-7.
- Arsad, S., Ahmad, A., Atika, P. P., Betrina, M. V., Dhira, K.S., & Nanik R. B. 2017. Studi kegiatan budidaya pembesaran udang vaname (*L. vannamei*) dengan penerapan sistem pemeliharaan. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 9(1): 1-14.
- Asni, Rahim, Saleh, R., Landu, A., & Muliadi. 2023. Correlation between water quality parameters and *Vibrio* sp. bacteria content in traditional vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture. *Journal of Agriculture (JoA)*, 2(2): 121-131.
- Baker-Austin, C., Trinanes, J., & Martinez-Urtaza, J. 2020. The new tools revolutionizing *Vibrio* science. *Environmental Microbiology*, 22(10): 4096-4100.
- Basti, D. 2008. *Patterns of mortality in a lobster pound*. (Thesis). University of Maine. Orono, United States. 55 hlm.

- Bett, C. & Vinatea, L. 2009. Combined effect of body weight, temperature and salinity on shrimp *Litopenaeus vannamei* oxygen consumption rate. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(4): 305-314.
- Bondad-Reantaso, M. G., Lovell, E. R., Arthur, J. R., Hurwood, D., & Mather, P. B. 2005. *Pathogen and ecological risk analysis for the introduction of blue shrimp, Litopenaeus stylirostris, from Brunei Darussalam to Fiji*. Secretariat of the Pacific Community. Noumea, New Caledonia. 65 hlm.
- Boyd, C. E. 2015. *Water Quality: An Introduction*. Springer. Berlin. 427 hlm.
- Braak. 2002. *Haemocytic Defence in Black Tiger Shrimp (Penaeus monodon)*. (Thesis). Wageningen University. The Netherland.
- Chang, C. F., Su, M. S., & Chen, H. Y. 1999. A rapid method to quantify total haemocyte count of *Penaeus monodon* using ATP analysis. *Fish Pathology*, 34(4): 211-212.
- Chethurajupalli, L., & Tambireddy, N. 2021. Rearing of white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in biofloc and substrate systems: microbial community of water, growth and immune response of shrimp. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(3): 25-40. TRJFAS20130. <http://doi.org/10.4194/TRJFAS20130>.
- Darwantin, K., & Sidik, R. 2016. Efisiensi penggunaan imunostimulan dalam pakan terhadap laju pertumbuhan, respon imun dan kelulushidupan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(2): 123-139.
- Davis, D. A., Boyd, C. E., & Rouse, D. B. 2005. Effects of potassium, magnesium and age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post larvae reared in inland low salinity well waters in West Alabama. *Journal of The World Aquaculture Society*, 36(3): 416-419.
- Dhewantara, Y. L., Edward D., & Helmy, A. M. 2022. Penambahan probiotik *Lactobacillus plantarum* terhadap pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Aquaculture Science*, 7(1): 13-21.
- Djunaedi, A., Chrisna, A. S., & Sardjito. 2017. Kandungan pigmen polar dan biomassa pada mikroalga *Dunaliella salina* dengan salinitas yang berbeda. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1):1-6.
- Dugassa, H., & Gaetan, D. G. 2018. Biology of white leg shrimp, *Penaeus vannamei*: Review. *Journal of Fish and Marine Sciences*, 10(2): 05-17.
- Dwiono, A., Widigdo, B., & Soewardi, K. 2018. Pengaruh komposisi mineral air tanah terhadap fisiologi dan histologi udang vaname *Litopenaeus vannamei*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3): 535-546.

- Ekawati, A. W., Nursyam, H., Widjayanto, E., & Marsoedi. 2012. Diatomae *Chaetoceros ceratosporum* dalam formula pakan meningkatkan respon imun seluler udang windu (*Penaeus monodon* Fab.). *The Journal of Experimental Life Science*, 2(1): 20-28.
- FAO. 2023. *Globefish Highlights – International markets for fisheries and aquaculture products – Second issue 2023, with January–December 2022 Statistics*. FAO. Rome. 69 hlm.
- Febriani, D., Marlina, E., & Oktaviana, A. 2018. Total hemosit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dipelihara pada salinitas 10 ppt dengan padat tebar berbeda. *Journal of Aquaculture Science*, 3(1): 100-107.
- Febriarta, E., & Widyastuti, M. 2020. Kajian kualitas air tanah dampak intrusi di sebagian pesisir Kabupaten Tuban. *Jurnal Geografi*, 17(2): 39-48.
- Feliatra, F., Nugroho, T. T., Silalahi, S., & Octavia, Y. 2011. Skrining bakteri *Vibrio* sp. asli Indonesia sebagai penyebab penyakit udang berbasis teknik 16s ribosomal DNA. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(2): 85-99.
- Fendjalang, S. N. M., Budiardi, T., Supriyono, E., & Effendi, I. 2016. Produksi udang vaname *Litopenaeus vannamei* pada karamba jaring apung dengan padat tebar berbeda di Selat Kepulauan Seribu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(1): 201-214.
- Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. Jr. 2015. The effect of different alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture Internation: Journal of the European Aquaculture Society*, 23(1): 345-358.
- Gu, L., He, X., Zhang, M., & Lu, H. 2023. Review: Advances in the technologies for marine salinity measurement. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12): 1-24.
- Hadi, F. R., Riyantini, I., Subhan, U., & Ihsan, Y. N. 2018. Efek cekaman salinitas rendah perairan terhadap kemampuan adaptasi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 9(2): 72-79.
- Hakim, L., Supono, Adiputra, Y. T., & Waluyo S. 2018. Performa budi daya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) semi intensif di Desa Purworejo Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 6(2): 691-698.
- He, L., Yin, K., & Yuan, X. 2019. Double maximum ratios of viruses to bacteria in the water column: Implications for different regulating mechanisms. *Frontiers Microbiology*, 10(1593): 1-11.

- Hikmawati, F., Susilowati, A., & Setyaningsih, R. 2019. Colony morphology and molecular identification of *Vibrio* spp. on green mussels (*Perna viridis*) in Yogyakarta, Indonesia tourism beach areas. *Biodiversitas*, 20(10): 2891-2899.
- Hosoda, S., Suga, T., Shikama, N., & Mizuno, K. 2009. Global surface layer salinity change detected by Argo and its implication for hydrological cycle intensification. *Journal of Oceanography*, 65: 579-586.
- Hseu, J. R., Lu, F. I., Su, H. M., Wang, L. S., Tsai, C. L., & Hwang, P.P. 2003. Effect of *Exogenous triptophan* on cannibalism, survival and growth in juvenile grouper. *Journal of Aquaculture*, 12:251-264.
- Hu, Y., Tan, B., Mai, K., Ai, Q. S., & Cheng, K. 2008. Growth and body composition of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed different rations of dietary protein to energy. *Journal Aquaculture Nutrition*, 14:499-506.
- Huisman, E. A. 1976. Food conversion efficiencies at maintenance and production level of carp, *Cyprinus carpio* and rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture*, 9:259-273.
- Jaffer, Y. D., Saraswathy, R., Ishfaq, M., Antony, J., Bundela, D. S., & Sharma, P. C. 2020. Effect of low salinity on the growth and survival of juvenile pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*: A revival. *Aquaculture*, 515: 29-36.
- Jagamohan, P., & Kumari, C. L. 2018. Production of decreased calcium waters for shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming using EDTA. *International Journal of Recent Scientific Research*, 9(6B): 27336-27339.
- Juniarti, H. A., Diniarti, N., & Scabra, A. R. 2022. The effect of addition of calcium oxide (CaO) on the cultivation of *Litopenaeus vannamei* in freshwater. *Indonesian Journal of Tropical Aquatic*, 5(1): 50-63.
- Joko, Tri. 2010. *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 378 hlm.
- Kaligis, E. 2016. Pengaruh potasium media terhadap pertumbuhan mutlak, osmolaritas hemolymph dan energi basal dari pascalarva vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931). *e-Journal Budidaya Perairan*, 4(1): 1-6.
- Kathyayani, S. A., Poornima, M., Sukumaran, S., Nagavel, A., & Muralidhar, M. 2019. Effect of ammonia stress on immune variables of pacific white shrimp *Penaeus vannamei* under varying levels of pH and susceptibility to white spot syndrome virus. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 30(184): 1-13.

- Kawamura, G., Bagarinao, T. U., Seniman, N. S., Yong, A. S. K., & Lim, L. S. 2018. Comparative morphology and function of feeding appendages in food intake behaviour of the whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, and the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture*, 02: 26-39.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2023. *Volume Produksi Udang*. Pusat Data Statistik dan Informasi. <https://statistik.kkp.go.id>. Diakses pada 23 November 2023.
- Kordi, M. G. H., & Tancung, A. B. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budi-daya Perairan*. Rineka Cipta. Jakarta. 207 hlm.
- Lin, Y. C., Chen, J. C., Li, C. C., Morni, W. Z., Suhaili, A. S. N., Kuo, Y. H., & Huang, C. L. 2012. Modulation of the innate immune system in white shrimp *Litopenaeus vannamei* following longterm low salinity exposure. *Fish & Shellfish Immunology*, 33: 324-331.
- Liu, C.H. & Jian, C.C. 2014. Effect of ammonia on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 16(3): 321-334.
- Mahulauw, F. R., Lamadi, A., & Mulis. 2022. Patogenitas bakteri *Vibrio* sp. pada udang vannamei di Kabupaten Pohuwato. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(1): 31-40.
- Medina-Reyna, C.E. 2001. Growth and emigration of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in the Mar Muerto Lagoon, Southern Mexico. *Naga: The ICLARM Quarterly*, 24(3&4): 30-34.
- Nababan, E., Putra I., & Rusliadi. 2015. Pemeliharaan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan persentase pemberian pakan yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 3(2): 1-9.
- Novriadi, R., Prihadi, T. H., Saragih, H. S. D., Kesselring, J., & Standen, B. 2022. Well-defined multispecies probiotic and enzyme combination outperforms traditional fermented probiotic applications in an intensive pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), culture system. *Journal of The World Aquaculture Society*, 54(1) : 156-166.
- Nurdianti, L. 2022. *Pengaruh Penambahan Na dan K dengan Rasio yang Berbeda pada Media Air Tawar terhadap Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Udang Vaname Litopenaeus vannamei (Boone, 1931)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 44 hlm.

- Nurhasanah, Junaidi, M., & Azhar, F. 2021. Tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada salinitas 0 ppt dengan metode aklimatisasi bertingkat menggunakan kalsium CaCO_3 . *Jurnal Perikanan*, 11(2): 166-177.
- Pan, L. Q., Luan, Z. H., & Jin, C. X. 2006. Effects of Na^+/K^+ and $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ ratios in saline groundwaters on Na^+-K^+ -ATPase activity, survival and growth of *Marsupenaeus japonicus* postlarvae. *Aquaculture*, 261(4): 1396-1402.
- Perez-Velazquez, M., González-Félix, M. L., Davis, D. A., Roy, L. A., & Zhu, X. 2013. Studies of the thermal and haline influences on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* and *Litopenaeus setiferus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 44(2): 229-238.
- Prastiti, L. A., Verdian, A. H., Oktaviana, A., Fatimah, N., Fathurohman, K., Astria, Q., & Siburian, A. F. 2023. Peningkatan respon imun udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) melalui kombinasi vitamin D3, mineral Ca dan Mg pada pakan. *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budi daya Perairan*, 18(1): 14-24.
- Putri, F. M., Sarjito, & Suminto. 2013. Pengaruh penambahan *Spirulina* sp. dalam pakan buatan terhadap jumlah total hemosit dan aktivitas fagositosis udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 2(1): 102-112.
- Rahim, Rukmana, M. R. A., Landu, A., & Asni. 2021. Budi daya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) super intensif dengan padat tebar berbeda menggunakan sistem zero water discharge. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(3): 595-602.
- Rahmi, I., Arfiati, D., Musa, M., & Karimah. 2023. Dynamics of physics and chemistry of vanamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) pond water with semi biofloc system. *Journal of Research in Science Education*, 9(1): 249-256.
- Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: 75/Permen-Kp/2016 tanggal 30 Desember 2016 tentang Pedoman Umum Pembesaran Udang Windu (*Penaeus monodon*) dan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*).
- Renitasari, D. P. & Musa, M. 2020. Teknik pengelolaan kualitas air pada budi daya intensif udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) dengan metode hybrid system. *Jurnal Salamata*, 2(1): 7-12.
- Rongsayamanont, C., Khan, E., & Limpiyakorn, T. 2019. Dissolved oxygen/free ammonia (DO/FA) ratio manipulation to gain distinct proportions of nitrogen species in effluent of entrapped cell based reactors. *Journal of Environmental Management*, 251(1): 1-7.

- Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. J., & Boyd, C. E. 2010. Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture*, 2: 191-208.
- Salsabiela, M. 2020. Pengaruh tingkat salinitas berbeda terhadap pertumbuhan udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) yang diablastasi. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 1(5): 405-413.
- Scabra, A. R., Marzuki, M., Cokrowati, N., Setyono, B. D. H., & Mulyani, L. F. 2021. Peningkatan kelarutan kalsium melalui penambahan daun ketapang *Terminalia catappa* pada media air tawar budi daya udang vannamei *Litopenaeus vannamei*. *Jurnal Perikanan*, 11(1): 35-49.
- Smith, V. J. & Soderhall, K., 1983. Induction of degranulation and lysis of haemocytes in the freshwater crayfish, *Astacus astacus*, by components of the prophenoloxidase activating system in vitro. *Cell and Tissue Research*, 233: 295-303.
- Soderhäll, K., Wingren, A., Johansson, M. W., & Bertheussen, K. 1985. The cytotoxic reaction of hemocytes from the freshwater crayfish, *Astacus astacus*. *Cell Immunology*, 94(2): 326-32.
- Soleh, M., Damar S., Akhmad F. M. S., & Arief T. 2021. Pemanfaatan “Brine Water” dalam pemeliharaan larva dan postlarva udang *Litopenaeus vannamei*. *Media Budidaya Air Payau*, 22: 18-28.
- Sowers, A. D., Young, S. P., Grosell, M., Browdy, C. L., & Tomasso, J. R. 2006. Hemolymph osmolality and cation concentrations in *Litopenaeus vannamei* during exposure to artificial sea salt or a mixed-ion solution: Relationship to potassium flux. *Comparative Biochemistry and Physiology*, A(145): 176-180.
- Sucharita, V. & Jyoti, S. 2013. An identification of penaeid prawn species based on histogram values. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(7): 807-811.
- Supono. 2006. Produktivitas udang putih pada tambak intensif di Tulang Bawang Lampung. *Jurnal Saintek Perikanan*, 2(1): 48-53.
- Supono. 2017. *Teknologi Produksi Udang*. Plantaxia. Yogyakarta. 115 hlm.
- Supono. 2019. *Budi daya Udang Vaname Salinitas Rendah; Solusi untuk Budi daya di Lahan Kritis*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 132 hlm.
- Supono, Pinem, R. T., & Sarida, M. 2022. The growth performance of the pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured at various salinity conditions using single step acclimation. *AAFL Bioflux*, 15(2): 1061-1066.

- Supono, Suari, P. I., & Sarida, M. 2022. Pengaruh penambahan mineral kalium (K) pada media kultur salinitas rendah terhadap performa udang vaname *Litopenaeus vannamei*. *Jurnal Agroqua*, 20(2): 339-346.
- Tantulo, U., & Fotedar, R. 2016. Physiological performance and serum Na⁺, K⁺ Ca²⁺ and Mg²⁺ regulation of black tiger prawn (*Penaeus monodon*, Fabricius 1798) reared in varying Na⁺/K⁺ ratios of inland saline water. *Aquaculture*, 479: 52-59.
- Taqwa, F. H., Fitriani M., & Purwanto, R. 2021. Respons fisiologis benur udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) terhadap penambahan kalsium selama adaptasi di salinitas rendah. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 8(2): 112-117.
- Tierney, T. W., Fleckenstein, L. J., & Ray, A. J. 2021. Evaluating a low cost salt mixture in brackish water intensive shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production systems. *Aquaculture Research*, 52(7): 3087-3092.
- Wafi, A., Ariadi, H., Muqsith, A., Mahmudi, M., & Fadjar, M. 2021. Oxygen consumption of *Litopenaeus vannamei* in intensive ponds based on the dynamic modeling system. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 10(1): 17-24.
- Walker, P. J., & Mohan, C. V. 2009. Viral disease emergence in shrimp aquaculture: origins, impact and the effectiveness of health management strategies. *Reviews in Aquaculture*, 1(2): 125-154
- Wang, F. I., & Chen J. C. 2006. Effect of salinity on the immune response of tiger shrimp *Penaeus monodon* and its susceptibility to *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*. *Fish Shellfish Immunology*, 20(5):671-81.
- Wang, Z., Qu, Y., Yan, M., Li, J., Zou, J., & Fan, L., 2019. Physiological responses of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* to temperature fluctuation in low salinity water. *Frontiers in Physiology*, 10:1025.
- Widodo, A. F., Pantjara, B., Adhiyudanto, N. B., & Rachmansyah. 2011. Performansi fisiologis udang vaname, *Litopenaeus vannamei* yang dipelihara pada media air tawar dengan aplikasi potasium. *Jurnal Riset Akuakultur*, 6(2): 225-241.
- Wootton, E. C., Dyrinda, E. A., Pipe, R. K., & Ratcliffe, N. A. 2003a. Bivalve Immunity: Comparisons Between The Marine Mussel (*Mytilus edulis*), the edible cokle (*Cerastoderma edule*), and the razor shell (*Ensis siliqua*). *Fish & Shellfish Immunology*, 15: 222-228.
- Wyban, J. A. & Sweeney, J. N. 1991. *Intensive Shrimp Production Technology: The Oceanic Institute Shrimp Manual*. Oceanic Institute of Honolulu, Hawaii. USA. 158 hlm.

- Xu, Z. H., Guan, W. L., Xie, D. D., Lu, W. J., Ren, X. C., Yuan, J. J., & Mao, L. 2019. Evaluation of immunological response in shrimp *Penaeus vannamei* submitted to low temperature and air exposure. *Developmental and Comparative Immunology*, 100: 1-9.
- Xu, W., Xu, Y., Su, H., Hu, X., Yang, K., Wen, G., & Cao, Y. 2020. Characteristics of ammonia removal and nitrifying microbial communities in a hybrid biofloc-RAS for intensive *Litopenaeus vannamei* culture: A Pilot-Scale Study. *Water*, 12(11): 1-17.
- Yeh, S. P., Chen, Y. N., Hsieh, S. L., Cheng, W., & Liu, C. H. 2009. Immune response of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, after a concurrent infection with white spot syndrome virus and infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus. *Fish & Shellfish Immunology*, 26(4): 582-88.
- Yunarty, Kurniaji, A., Budiyati, Renitasari, D. P., & Resa, M. 2022. Karakteristik kualitas air dan performa pertumbuhan budi daya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pola intensif. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 21(1): 75-88.
- Zacarias, S., Schweitzer, R., Arantes, R., Galasso, H., Pinheiro, I., Santo, C. E., & Vinatea, L. 2018. Effect of different concentrations of potassium and magnesium on performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in low-salinity water and a biofloc system. *Journal of Applied Aquaculture*, 31(1): 85-9.
- Zhou, X. X., Zhang, J. Y., Liu, S. L., & Ding, Y. T. 2012. Supplementation of sodium chloride in diets to improve the meat quality of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low-salinity water. *Aquaculture Research*, 45(7): 1-9.