

**PENGARUH PENAMBAHAN Mg DAN Ca DENGAN RASIO YANG
BERBEDA PADA MEDIA AIR TAWAR TERHADAP PERTUMBUHAN
DAN TINGKAT KELANGSUNGAN HIDUP UDANG VANAME
Litopenaeus vannamei (Boone, 1931)**

(Skripsi)

Oleh

**MEILIN CHAIRANI ABMAR
1814111011**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

THE EFFECT OF Mg AND Ca ADDITION AT DIFFERENT RATIO IN FRESHWATER MEDIA ON GROWTH AND SURVIVAL RATE OF PACIFIC WHITE SHRIMP *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

By

Meilin Chairani Abmar

Pacific white shrimp is the one of the aquatic organisms that has a high tolerance for salinity. Shrimp cultivation activities at low salinity have not been widely carried out due to the lack of macromineral content in the culture media, that causing low growth and survival rates of pacific white shrimp. The important macrominerals that can be support the growth and survival rate of pacific white shrimp are magnesium (Mg) and calcium (Ca). The purpose of this study was to analyze the growth and survival of pacific white shrimp reared in freshwater media at different ratio of Mg and Ca addition. This research used 450 post larvae stadia 15 of pacific white shrimp. This study used a completely randomized design (CRD) consisting of 3 treatments and 3 replications. The treatments used were the addition of Mg and Ca in fresh water with a ratio of 1:1 (A), 3:1 (B), and 5:1 (C). Parameters observed were specific growth rate, absolute weight growth, survival rate, and water quality. The results showed that the addition of Mg and Ca in a ratio of 5:1 to fresh water significantly increase in specific growth rate and absolute weight growth ($P < 0,05$). However, the addition of Mg and Ca with at differrent ratios not significantly increase in survival rate ($P > 0,05$). The development of pacific white shrimp culture in freshwater media has the potential to be carried out by shrimp farmer by adding macrominerals of Mg and Ca to the freshwater with a ratio of 5:1.

Keywords : *Pacific white shrimp, fresh water, magnesium (Mg), calcium (Ca), growth performance, survival rate*

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN Mg DAN Ca DENGAN RASIO YANG BERBEDA PADA MEDIA AIR TAWAR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN TINGKAT KELANGSUNGAN HIDUP UDANG VANAME *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

Oleh

Meilin Chairani Abmar

Udang vaname merupakan salah satu organisme akuatik yang memiliki toleransi tinggi terhadap salinitas. Kegiatan budi daya udang pada salinitas rendah belum banyak dilakukan. Hal ini karena kurangnya kandungan makromineral dalam media budi daya sehingga menyebabkan rendahnya pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup udang vaname. Makromineral penting yang dapat menunjang pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname yaitu magnesium (Mg) dan kalsium (Ca). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup udang vaname yang dipelihara pada media air tawar dengan rasio penambahan Mg dan Ca yang berbeda. Udang vaname yang digunakan adalah stadia PL 15 sebanyak 450 ekor. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas tiga perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu penambahan Mg dan Ca pada air tawar dengan rasio 1:1 (A), 3:1 (B), dan 5:1 (C). Parameter yang diamati meliputi laju pertumbuhan spesifik, pertumbuhan berat mutlak, tingkat kelangsungan hidup, dan kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Mg dan Ca dengan rasio 5:1 pada air tawar mampu meningkatkan laju pertumbuhan spesifik dan pertumbuhan berat mutlak yang berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan perlakuan lainnya. Namun, penambahan Mg dan Ca dengan perbandingan rasio yang berbeda tidak meningkatkan kelangsungan hidup yang berbeda nyata ($P > 0,05$). Pengembangan budi daya udang vaname pada media air tawar berpotensi untuk dilakukan oleh pembudidaya dengan menambahkan makromineral Mg dan Ca pada air tawar dengan perbandingan 5:1.

Kata kunci : *udang vaname, air tawar, magnesium (Mg), kalsium (Ca), pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup*

**PENGARUH PENAMBAHAN Mg DAN Ca DENGAN RASIO YANG
BERBEDA PADA MEDIA AIR TAWAR TERHADAP PERTUMBUHAN
DAN TINGKAT KELANGSUNGAN HIDUP UDANG VANAME
Litopenaeus vannamei (Boone, 1931)**

Oleh

Meilin Chairani Abmar

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
2022**

Judul : **PENGARUH PENAMBAHAN Mg DAN Ca
DENGAN RASIO YANG BERBEDA PADA
MEDIA AIR TAWAR TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN TINGKAT
KELANGSUNGAN HIDUP UDANG VANAME**
Litopenaeus vannamei (Boone, 1931)

Nama Mahasiswa : **Meilin Chairani Abmar**

NPM : **1814111011**

Jurusan/Program Studi : **Perikanan dan Kelautan/ Budidaya Perairan**

Fakultas : **Pertanian**



Supono

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

Hilma Putri Fidyandini

Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si.
NIP 19900128 201903 2 018

2. **Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan**

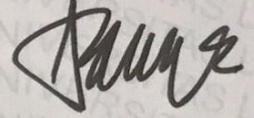
Indra Gumay Yudha
Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP 19700815 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

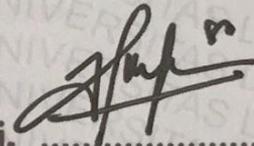
Ketua

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



Sekretaris

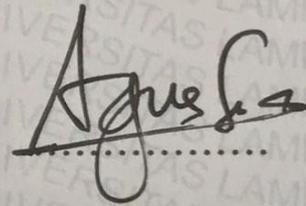
: Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 3 Oktober 2022

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana baik di Universitas Lampung maupun 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 pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang 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, Oktober 2022



... membuat pernyataan,

Meilin Chairani Abmar
NPM. 1814111011

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 06 Mei 2000 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Chairullah dan Ibu Sri Yuni Sakuntala Defi. Penulis menyelesaikan pendidikan formal sekolah dasar di SD Negeri 1 Sukarame pada tahun 2006, kemudian menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 23 Bandar Lampung pada tahun 2012. Penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 5 Bandar Lampung dengan mengambil Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan lulus pada tahun 2018.

Pada 2018 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Semasa menjadi mahasiswa, penulis berhasil lolos seleksi pendanaan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) pada tahun 2020, serta pernah mengikuti perlombaan Program Kreativitas Mahasiswa Riset Eksakta (PKM-RE) pada tahun 2021. Penulis melakukan magang industri sebanyak dua kali. Pertama di UPTD Balai Benih Ikan (BBI) kota Metro pada komoditas ikan gurami (*Ospronemus gourami*) pada tahun 2019. Kedua di Balai Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (Balai KIPM) Lampung bidang identifikasi bakteri dan virus pada ikan. Penulis juga aktif menjadi asisten dosen pada praktikum mata kuliah Kimia Dasar (2019 dan 2021) dan Kualitas Air Akuakultur (2022). Selain itu, penulis aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan pada Himpunan Mahasiswa Perikanan dan

Kelautan (Himapik) yaitu menjadi anggota Bidang Pengembangan Minat dan Bakat (2020-2021). Beberapa kegiatan yang pernah dilakukan penulis antara lain: pada Januari-Februari 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Sukabumi, Kecamatan Sukabumi, Bandar Lampung, Lampung selama 40 hari. Pada Agustus-September 2021, penulis melaksanakan praktik umum (PU) di CV Ardiyanti, Kecamatan Palas, Lampung Selatan selama 30 hari dengan judul “Teknik Pembesaran Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di CV Ardiyanti, Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan”. Pada April-Mei 2022 penulis melakukan penelitian di Laboratorium Budidaya Perikanan, Universitas Lampung dengan judul “Pengaruh Penambahan Mg dan Ca dengan Rasio yang Berbeda pada Media Air Tawar terhadap Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Udang Vanname *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)”.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmannirrahim

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat serta karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dengan kerendahan hati dan ketulusan, kupersembahkan skripsi ini sebagai tanda bukti dan kasih sayangku.

Untuk yang tersayang:

Bapak Chairullah dan Ibu Sri Yuni Sakuntala Defi
yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan nasihat serta upaya
hingga mampu menghantarkanku hingga ke jenjang
Sarjana Perikanan.

Kedua adikku dan seluruh keluarga besarku yang selalu memberi semangat dan dukungan di setiap langkahku untuk menyelesaikan kuliahku.

Bapak dan ibu dosen yang telah memberikan ilmu dengan tulus ikhlas serta sahabat-sahabatku tersayang yang selalu mendukung dan menerima saat senang maupun susah.

Dan almamaterku tercinta
Universitas Lampung

MOTTO

“Barangsiapa bertakwa kepada Allah niscaya Dia akan mengadakan baginya jalan keluar. Dan memberinya rezeki dari arah yang tiada disangkanya. Dan barangsiapa yang bertawakkal kepada Allah niscaya Allah akan mencukupkan keperluannya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan yang dikehendaki-Nya. Sesungguhnya Allah telah menentukan ukuran bagi tiap-tiap sesuatu.”

(QS. Ath-Talaq: 2-3)

“Apa yang melewatkanmu tidak akan menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”

(Umar bin Khattab)

“Pendidikan tidak pernah berakhir. Pendidikan adalah serangkaian pelajaran, dengan yang terbaik untuk yang terakhir.”

(Sir Arthur Conan Doyle)

“Versi terbaik setiap orang berbeda, jadi jangan pernah biarkan siapapun memberi tahu kamu atau membuat kamu merasa tidak cukup.”

(Lee Jen)

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Mg dan Ca dengan Rasio yang Berbeda pada Media Air Tawar terhadap Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Universitas Lampung. Shalawat dan salam pada Rasulullah Muhammad SAW yang telah membawa kita pada zaman yang terang benderang seperti sekarang. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi, M.Si. selaku ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Dr. Supono, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan dukungan, bimbingan, saran, dan kritik dalam proses menyelesaikan skripsi ini;
4. Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan dukungan, bimbingan, saran, dan kritik dalam proses menyelesaikan skripsi ini;
5. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Penguji Utama yang telah memberikan dukungan, bimbingan, saran, dan kritik dalam proses menyelesaikan skripsi ini;
6. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan saran selama perkuliahan ini;

7. Dosen-dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan pengalaman hidup kepada penulis selama penulis menjadi mahasiswa;
8. Seluruh staf administrasi Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah membantu segala urusan administrasi selama masa perkuliahan;
9. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Chairullah dan Ibu Sri Yuni, terima kasih atas doa, cinta, kasih sayang, kesabaran dan semua dukungan dalam kehidupan bersama penulis serta dukungan moril maupun materil yang selama ini diberikan kepada penulis;
10. Kedua adikku tersayang, Rafi Chairani Abmar dan Chintia Chairani Abmar, yang telah memberi dukungan dan doa kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini;
11. Sahabat-sahabatku, Novalina, Seftia, Aprilia, Adinda, Asrini, Pino, Khoironi, Arif, Chandra, Richard, Fadly, Aziz, Afif, dan Adit yang telah memberi bantuan, dukungan, dan doa kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini;
12. Rekan seperjuangan, Lietha Nurdianti, Dhea Adinda Rysky, Aryanti Rafika Sari, Putri Rahma, Azizah, Manarul Huda, dan Dwi Ramadhan atas segala bantuan, semangat, dan doa dalam masa perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini;
13. Keluarga Poseidon 18 terima kasih selama ini telah menjadi rekan dan saudara yang paling menyenangkan dalam berkembang bersama serta saling memberikan motivasi dan dukungan dalam perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.

Semoga amal kebaikan yang telah diberikan mendapat imbalan dari Allah SWT. Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, namun penulis berharap karya ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Oktober 2022

Penulis

Meilin Chairani Abmar

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.....	4
1.5 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	7
2.1.1 Klasifikasi dan Biologi	7
2.1.2 Habitat	9
2.2 Kebutuhan Mg Pada Udang Vaname	10
2.3 Kebutuhan Ca Pada Udang Vaname	11
2.4 Kualitas Air Pada Pemeliharaan Udang Vaname	12
2.5 Toleransi terhadap Salinitas.....	15
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat.....	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Rancangan Penelitian	17
3.4 Prosedur Penelitian	18
3.4.1 Persiapan Media Pemeliharaan.....	18
3.4.2 Persiapan Hewan Uji	19
3.4.3 Pemeliharaan Hewan Uji.....	19
3.5 Parameter Penelitian	20
3.5.1 Pertumbuhan Berat Mutlak.....	20
3.5.2 Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR).....	20
3.5.3 Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)	21
3.5.4 Kualitas Air.....	21
3.6 Analisis Data.....	23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil.....	24
4.1.1 Pertumbuhan Berat Mutlak.....	24
4.1.2 Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR).....	25
4.1.3 Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)	26
4.1.4 Kualitas Air.....	26
4.2 Pembahasan	29
V. SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan.....	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.....	16
2. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian.....	17
3. Hasil pengukuran kualitas air selama pemeliharaan	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pikir penelitian.....	5
2. Udang vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	8
3. Desain penempatan penentuan satuan perlakuan.....	18
4. Pertumbuhan berat mutlak udang vaname	24
5. Laju pertumbuhan spesifik udang vaname.....	25
6. Tingkat kelangsungan hidup udang vaname	26
7. Grafik suhu selama pemeliharaan	27
8. Grafik pH selama pemeliharaan.....	28
9. Grafik oksigen terlarut selama pemeliharaan.....	28
10. Persiapan media pemeliharaan	57
11. Persiapan dan pemeliharaan hewan uji	57
12. Pengecekan kualitas air	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan jumlah dosis yang ditambahkan pada perlakuan	46
2. Tabel pemberian pakan selama pemeliharaan.....	49
3. Performa pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup udang	50
4. Analisis data	51
5. Kualitas air media pemeliharaan selama penelitian	53
6. Persentase amoniak tidak terionisasi (NH_3) pada pH dan suhu yang berbeda..	56
7. Dokumentasi penelitian.....	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komoditas udang vaname menjadi alternatif jenis udang yang dapat dibudidayakan di Indonesia serta memiliki nilai jual yang tinggi (Ghufron *et al.*, 2018). Sejak tahun 2012-2018, kontribusi ekspor udang terhadap ekspor perikanan Indonesia mengalami kenaikan mencapai 36,27% (DJPB, 2021). Hal ini menjadikan udang vaname sebagai prioritas pengembangan akuakultur di Indonesia untuk memajukan perekonomian nasional. Udang vaname memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan udang jenis lain, di antaranya pertumbuhan yang lebih cepat (3 g/minggu), dapat dipelihara pada salinitas yang luas yaitu kisaran 0,5-45 ppt, kebutuhan proteinnya lebih rendah (20-35%) dan dapat dipelihara dengan kepadatan yang tinggi hingga melebihi 150 ekor/m². Selain itu, udang jenis ini menghasilkan ukuran panen yang lebih seragam dan tahan terhadap serangan penyakit (Awanis *et al.*, 2017).

Di Indonesia, udang vaname belum banyak dibudidayakan di daerah yang jauh dari air laut, terutama pada wilayah yang sebagian besar terdiri dari rawa dengan nilai pH yang relatif asam dan salinitas yang rendah (Taqwa *et al.*, 2008). Salah satu langkah dasar yang dapat dilakukan untuk mengatasi ketergantungan pasokan air laut pada pembenihan udang vaname hingga mencapai skala konsumsi adalah dengan mengadaptasi benih udang vaname pada media bersalinitas rendah (*inland shrimp culture*). Budi daya udang vaname di tambak bersalinitas rendah menjadi salah satu alternatif yang dapat diterapkan di lahan terbatas. Teknologi *inland shrimp culture* lebih ramah lingkungan karena dilakukan jauh dari pantai sehingga tidak merusak ekosistem pesisir khususnya mangrove (Supono, 2019). Budi daya udang pada media air tawar juga dapat meminimalisir serangan penyakit terutama

bakteri dan virus penyebab kematian udang seperti bakteri *Vibrio harveyi* dan WSSV (Tahe *et al.*, 2011). Selain itu, metode budi daya ini dapat mengurangi dampak buruk dari fluktuasi kualitas air pada ekosistem budi daya, mengurangi toksisitas gas beracun di tambak, menghindari kekurangan oksigen, serta menjaga stabilitas kualitas air tambak agar udang tidak mudah stres (Ariadi *et al.*, 2019).

Permasalahan yang sering dihadapi selama adaptasi pada media bersalinitas rendah adalah lambatnya pertumbuhan dan rendahnya tingkat kelangsungan hidup pada benih udang vaname. Hal ini disebabkan kurangnya beberapa mineral penting yang dibutuhkan oleh benih udang vaname untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya (Taqwa *et al.*, 2008). Pada salinitas rendah, tekanan osmotik di dalam tubuh udang lebih rendah daripada di lingkungan perairannya, sehingga menyulitkan udang vaname untuk menerima makromineral dari air. Salinitas berkaitan erat dengan tekanan osmotik dan ionik air. Perubahan salinitas menyebabkan perubahan tekanan osmotik, dimana semakin rendahnya salinitas maka akan semakin rendah tekanan osmotiknya (Febriani *et al.*, 2018). Tekanan osmotik air bergantung pada ion terlarut di dalamnya, dan semakin banyak ion terlarut dalam air, semakin tinggi tekanan osmotik larutan. Osmoregulasi merupakan upaya udang untuk mengatur keseimbangan osmotik lingkungan dan tubuhnya (Utami, 2016). Tekanan osmotik media dapat diatur dengan mengatur salinitas dan menyesuaikan kandungan mineral. Kandungan mineral air yang tidak mencukupi akan mengganggu mekanisme osmoregulasi yang pada akhirnya memengaruhi pertumbuhan udang vaname.

Udang vaname yang dibudidayakan pada media air tawar akan mengalami kekurangan Mg dan Ca (Supono, 2019). Kebutuhan akan kedua mineral ini tidak sepenuhnya terpenuhi karena rendahnya salinitas tersebut. Untuk itu perlu dilakukan upaya guna memenuhi kebutuhan mineral tersebut dari sumber lain, seperti melalui pakan maupun melalui air. Fungsi pengaturan Mg dan Ca sangat penting untuk *molting* dan pembentukan cangkang baru. Mg merupakan kofaktor yang terkait erat dengan fungsi $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ (Mantel dan Farmer, 1983). Penambahan Mg juga dapat membantu proses pertumbuhan dan kelulushidupan stadia *post-larva*

agar tidak terganggu (Davis *et al.*, 2005). Mineral Ca penting sebagai komponen utama pada proses *molt*ing dan pe-ngerasan cangkang, serta menunjang proses osmoregulasi dan fungsi vital lainnya (Taqwa *et al.*, 2021).

Penelitian Taqwa *et al.* (2021) menunjukkan bahwa pemberian Ca mampu meningkatkan tingkat kelangsungan hidup udang vaname sebesar 99%. Menurut Shabrina (2020), penambahan Mg pada udang vaname menghasilkan laju pertumbuhan harian 1,49 g/hari dan tingkat kelangsungan hidup 82%. Pada salinitas normal air laut 34,5 ppt, Mg dan Ca yang terkandung dalam air berturut-turut adalah 1.350 mg/l dan 400 mg/l, agar mencapai konsentrasi Mg dan Ca yang setara dengan air laut maka pada salinitas 5 ppt yang hanya mengandung Mg 196 mg/l dan Ca 60 mg/l, perlu dilakukan penyeimbangan faktor ion dalam perairan (Boyd, 2018).

Berdasarkan penelitian sebelumnya telah dikaji terkait penambahan Mg dan Ca terhadap udang vaname yang dipelihara pada salinitas rendah, namun belum ada penelitian lebih lanjut yang mengkaji perbedaan rasio dari gabungan kedua mineral tersebut terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan udang vaname yang dipelihara pada media air tawar. Pada penelitian ini telah dilakukan kombinasi antara Mg dan Ca dengan berbagai rasio tertentu. Hal ini karena penyerapan ion/ mineral saling dipengaruhi oleh keberadaan ion lainnya dalam air. Penyerapan ion Mg dipengaruhi oleh konsentrasi ion Ca dan sebaliknya, sementara penyerapan ion K dipengaruhi oleh konsentrasi ion Na dalam air. Menurut Boyd (2018), rasio perbandingan Mg dan Ca yang ideal di perairan bersalinitas 34,5 ppt adalah 3:1, sedangkan rasio perbandingan Na dan K yang ideal adalah 27:1. Oleh sebab itu, dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan perbandingan rasio terbaik antara Mg dan Ca terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname yang dipelihara pada media air tawar.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Menganalisis pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dipelihara pada media air tawar dengan rasio penambahan Mg dan Ca yang berbeda.
2. Menganalisis tingkat kelangsungan hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dipelihara pada media air tawar dengan rasio penambahan Mg dan Ca yang berbeda.

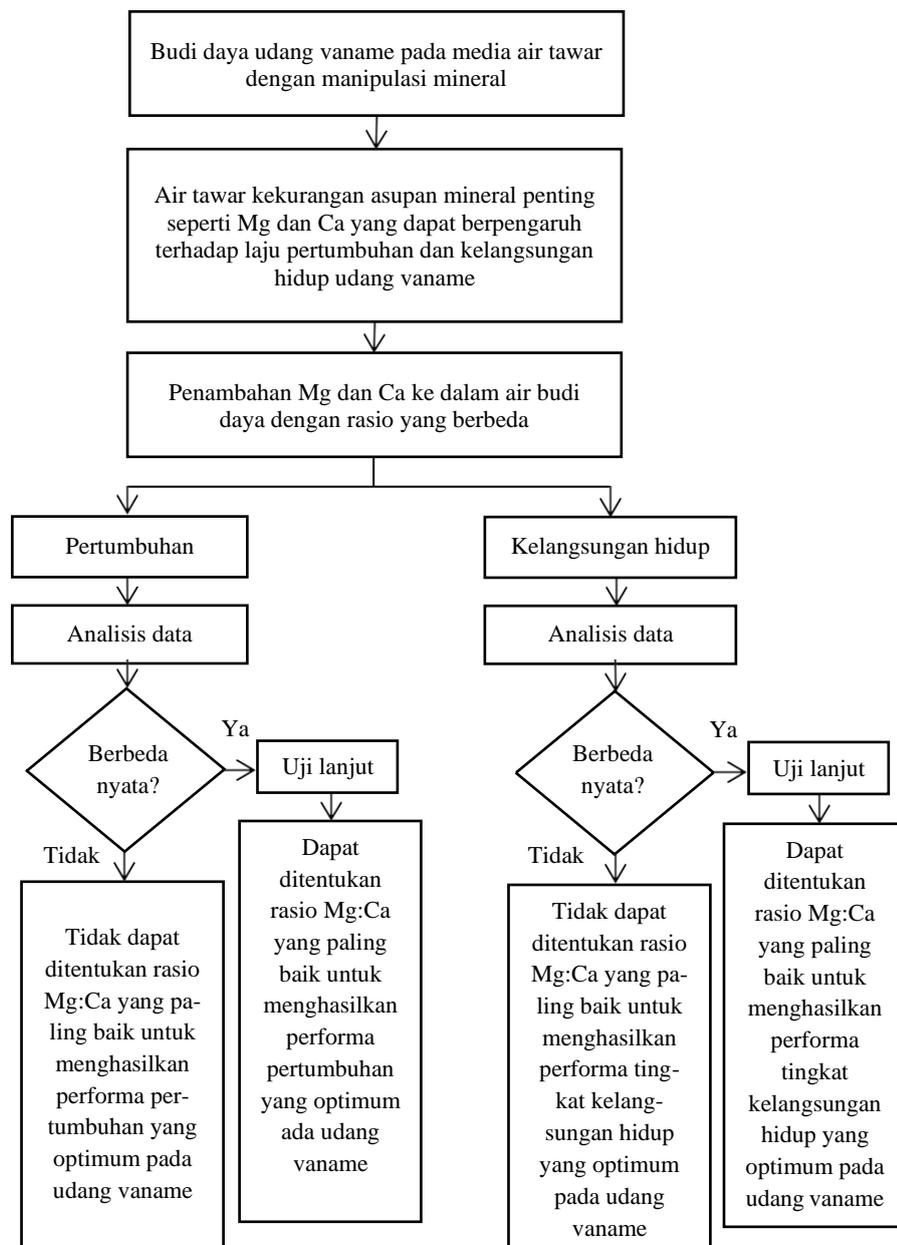
1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah kepada mahasiswa dan pembudi daya terkait perbandingan rasio Mg dan Ca terbaik pada budi daya udang vaname yang dipelihara pada media air tawar.

1.4 Kerangka Pikir

Udang vaname merupakan salah satu komoditas budi daya perikanan yang memiliki permintaan cukup tinggi di Indonesia. Udang vaname dapat dipelihara pada salinitas yang luas yaitu kisaran 0,5-45 ppt. Selama ini budi daya udang vaname belum banyak dilakukan di daerah yang jauh dari sumber air laut. Hal ini disebabkan masih rendahnya tingkat kelangsungan hidup udang vaname sehingga hasil produksi belum maksimal. Kandungan mineral yang rendah dalam air dapat membuat tekanan osmotik di dalam tubuh udang lebih rendah daripada di lingkungan perairan sekitarnya, sehingga udang vaname sulit menyerap mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dan menyebabkan udang rentan terhadap stres, kehilangan nafsu makan, dan cenderung memiliki kulit yang tipis. Mineral Mg dan Ca merupakan nutrisi penting bagi udang. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan Mg dan Ca adalah dengan menambahkan makromineral tersebut secara langsung ke dalam media pemeliharaan. Pemberian Mg dan Ca dilakukan untuk mendukung proses fisiologis dan pertumbuhan udang. Parameter uji yang diamati selama penelitian

terdiri dari pertumbuhan berat mutlak, laju pertumbuhan spesifik (SGR), tingkat kelangsungan hidup (SR) dan kualitas air. Setelah itu dilakukan analisis data untuk mendapat kesimpulan dari hipotesis yang telah dibuat. Penambahan Mg dan Ca secara langsung ke air budi daya diharapkan dapat meningkatkan laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup *post-larva* yang dipelihara pada salinitas 5 ppt. Dari uraian di atas dapat diperjelas diagram alir kerangka pikir penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pikir penelitian

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

a. Hipotesis parameter pertumbuhan berat mutlak

$$H_0 : \text{semua } r_i = 0$$

Pemberian Mg dan Ca dengan rasio berbeda menghasilkan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan berat mutlak udang vaname.

$$H_1 : \text{minimal ada satu } r_i \neq 0$$

Minimal ada satu perlakuan pemberian Mg dan Ca dengan rasio berbeda yang menghasilkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan berat mutlak udang vaname.

b. Hipotesis parameter laju pertumbuhan spesifik (SGR)

$$H_0 : \text{semua } r_i = 0$$

Pemberian Mg dan Ca dengan rasio berbeda menghasilkan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik udang vaname.

$$H_1 : \text{minimal ada satu } r_i \neq 0$$

Minimal ada satu perlakuan pemberian Mg dan Ca dengan rasio berbeda yang menghasilkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik udang vaname.

c. Hipotesis parameter tingkat kelangsungan hidup (SR)

$$H_0 : \text{semua } r_i = 0$$

Pemberian Mg dan Ca dengan rasio berbeda menghasilkan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup udang vaname.

$$H_1 : \text{minimal ada satu } r_i \neq 0$$

Minimal ada satu perlakuan pemberian Mg dan Ca dengan rasio berbeda yang menghasilkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup udang vaname.

II. TINJAUAN PUSTAKA

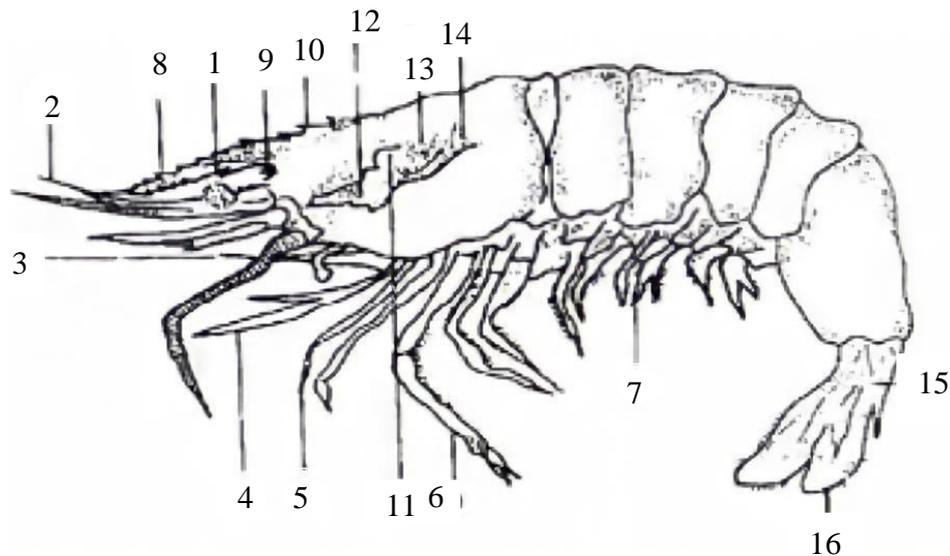
2.1 Udang Vaname (*L. vannamei*)

2.1.1 Klasifikasi dan Biologi

Klasifikasi udang vaname menurut Holthuis (1980) sebagai berikut :

Filum	: Arthropoda
Kelas	: Crustacea
Subkelas	: Malacostraca
Ordo	: Decapoda
Subordo	: Natantia
Infraordo	: Penaeidea
Superfamili	: Penaeoidea
Famili	: Penaeidae
Genus	: <i>Penaeus</i>
Subgenus	: <i>Litopenaeus</i>
Spesies	: <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931)

Udang vaname (*L. vannamei*) berasal dari Pantai Pasifik Barat Amerika Latin, mulai dari Peru Selatan hingga Meksiko Utara. Udang vaname mulai diperkenalkan ke Indonesia dan resmi dilepasliarkan pada tahun 2001 (Nababan *et al.*, 2015). Udang jenis ini menjadi alternatif budi daya selain udang windu (*Panaeus monodon*) dan udang putih (*Panaeus merguensis*) karena udang vaname mudah dipelihara dan bernilai ekonomis. Hal tersebut menjadi alasan mengapa banyak petambak udang yang membudidayakan jenis udang vaname dalam beberapa tahun terakhir (Amirna *et al.*, 2013).



Gambar 2. Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)
 Sumber : Haliman dan Adijaya (2005)

Keterangan:

- | | | |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 1. Kelopak mata | 7. <i>Pleopod</i> | 13. <i>Hepatic</i> |
| 2. <i>Antennulae</i> | 8. <i>Rostrum</i> | 14. <i>Cardia cregion</i> |
| 3. <i>Antenna</i> | 9. <i>Antennal spine</i> | 15. Telson |
| 4. Rahang atas II | 10. <i>Subpraorbital spine</i> | 16. <i>Uropod</i> |
| 5. Rahang atas III | 11. <i>Orbital spine</i> | |
| 6. <i>Periopod</i> | 12. <i>Hepatic spirse</i> | |

Secara umum tubuh udang terdiri dari dua bagian, yaitu kepala dan badan. Bagian kepala yang terhubung dengan bagian dada disebut cephalothorax. Cephalotorax pada udang berjumlah 13 ruas, dimana 5 ruas terletak pada bagian kepala dan 8 ruas di bagian dada. Bagian badan dan abdomen terdiri dari 6 ruas, dan tiap-tiap ruas (segmen) memiliki sepasang anggota badan (kaki renang) yang beruas-ruas. Pada bagian ujung ruas keenam terdapat 4 lembar ekor kipas dan satu telson yang meruncing (Rusmiyati, 2019).

Kepala udang vaname dilindungi oleh lapisan pelindung kitin yang terdiri dari *antennulae*, *antenna*, *mandibular*, dan dua pasang *maxillae* (Kitani, 1994). Bagian kepala udang juga ditutupi dengan cangkang runcing dan bergigi 4 yang disebut rostrum. Selain itu, kepala udang dilengkapi 3 pasang maxilliped dan 5 pasang kaki jalan (*perioopod*). Bagian tubuh udang vaname telah mengalami perubahan sehingga dapat digunakan untuk bergerak, kebutuhan makan, membenamkan diri ke

dalam substrat (*burrowing*), menopang insang karena struktur insang udang menyerupai bulu unggas serta sebagai organ sensor seperti pada bagian antenula dan antena. Beberapa karakteristik umum yang dimiliki udang vaname antara lain dapat hidup pada kisaran salinitas yang luas (*euryhaline*), umumnya tumbuh optimal pada salinitas 15-30 ppt, aktif pada kondisi gelap (*nocturnal*), suka memangsa udang lainnya (kanibal), tipe pemakan yang lambat tetapi terus-menerus (*continuous feeder*), mencari makan melalui organ sensor (*chemoreceptor*), serta menyukai hidup di dasar substrat (bentik) (Haliman dan Adijaya, 2005).

2.1.2 Habitat

Udang mampu hidup pada semua jenis habitat perairan dengan 89% di antaranya hidup di perairan laut, 10% di perairan tawar dan 1% di perairan teresterial.

Udang yang habitatnya di laut merupakan tipe yang tidak mampu atau memiliki kemampuan terbatas dalam mentolerir perubahan salinitas. Kelompok ini umumnya hidup terbatas di daerah terjal pada estuari umumnya mempunyai salinitas ≥ 30 ppt. Kelompok udang yang mempunyai kemampuan untuk mentolerir variasi penurunan salinitas sampai di bawah 30 ppt, yakni hidup di daerah terestrial dan menembus hulu estuari dengan tingkat kejauhan bervariasi sesuai dengan kemampuan spesies untuk mentolerir penurunan tingkat salinitas. Kelompok terakhir yaitu udang air tawar. Udang dari kelompok ini biasanya tidak dapat mentolerir salinitas di atas 5%. Lingkungan sebagai mediator hidup udang memegang peranan sangat penting bagi pertumbuhan udang di samping pakan. Udang menempati perairan dengan berbagai tipe pantai seperti pantai berpasir, berbatu ataupun berlumpur. Spesies yang dijumpai pada ketiga tipe pantai ini berbeda-beda sesuai dengan kemampuan masing-masing spesies menyesuaikan diri dengan kondisi fisik kimia perairan (Kestawi, 2005).

Udang vaname memiliki habitat yang berbeda pada setiap tahapan dalam daur hidupnya. Beberapa tahap pertumbuhan udang vaname yaitu mulai dari telur, nauplius, *zoea*, *mysis*, *post-larva*, juvenil, kemudian udang dewasa. Saat memijah udang cenderung memilih habitat di perairan yang dalam. Setelah menetas larva

udang bersifat planktonis, yaitu terapung mengikuti arus air. Selanjutnya udang berenang menuju perairan yang memiliki salinitas rendah seperti pantai ataupun muara sungai. Larva udang tumbuh dan berkembang di daerah pantai. Menjelang dewasa, larva udang kembali menuju perairan yang lebih dalam dan memiliki tingkat salinitas yang lebih tinggi untuk memijah kembali. Tahapan-tahapan tersebut akan terus berulang untuk menjadi siklus hidup (Usmiyatun, 2015).

Udang vaname merupakan udang asli dari perairan Amerika Latin yang memiliki kondisi iklim subtropis. Habitat alami udang vaname adalah lautan dengan kedalaman kurang lebih 70 meter. Pada umumnya udang vaname hidup mendiami seluruh kolom air, dasar hingga lapisan permukaan. Udang biasa hidup di daerah seperti lumpur berpasir, muara, dan laut, dengan kedalaman 0 sampai 70 m (Rusmiyati, 2019). Udang vaname sangat mudah ditemukan pada daerah hutan mangrove yang masih asri atau belum terganggu. Udang vaname juga dapat beradaptasi dengan baik di level salinitas yang rendah (Manoppo, 2011).

2.2 Kebutuhan Mg pada Udang Vaname

Mineral memainkan peran penting dalam reaksi biokimia organisme, terutama sebagai kofaktor enzim. Ion kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) merupakan ion terpenting untuk menjaga kelangsungan hidup udang (Yulihartini *et al.*, 2017). Udang vaname yang dibudidayakan pada salinitas rendah akan kekurangan kalsium dan magnesium. Kebutuhan kedua mineral ini tidak sepenuhnya terpenuhi dari lingkungan/media budi daya yang bersalinitas rendah. Aplikasi kapur memiliki banyak keuntungan dalam budi daya udang, terutama di tambak dengan salinitas rendah. Beberapa unsur penting yang disediakan oleh kapur antara lain kation kalsium (Ca) dan magnesium (Mg), serta anion bikarbonat. Magnesium dan kalsium berperan dalam pembentukan kesadahan (*hardness*) (Supono, 2019).

Magnesium merupakan salah satu mineral penting yang dibutuhkan krustasea selama pertumbuhan dan perkembangannya. Magnesium bertindak sebagai kofaktor untuk reaksi enzimatik yang terlibat dalam proses osmoregulasi, sintesis

protein, dan pertumbuhan. Mineral ini berperan untuk mengaktifkan kinerja enzim dalam metabolisme lemak, karbohidrat, dan protein sebagai komponen esensial dalam menjaga homeostasis intra dan ekstra seluler. Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- dan HCO_3^- berperan utama dalam osmotik dan mengatur regulasi air serta larutan pada udang. *adenosine triphosphate* (ATP) adalah sumber energi bagi sel yang digunakan dalam beberapa proses seperti sintesis lemak, protein, dan asam nukleat. Magnesium berperan dalam mengaktivasi enzim yang berperan dalam mentransfer fosfat dari ADP menjadi ATP. Produksi energi dipengaruhi oleh adanya magnesium baik secara langsung maupun tidak langsung. Magnesium sebagai kunci dalam jalur metabolik seperti dalam reaksi glikolisis, siklus krebs, oksidasi lemak, pembentukan siklik *adenosine monophosphate* (AMP), pembentukan *fosfokreatin*, kofaktor dari produksi ATP, pompa seluler yang menjaga keseimbangan natrium, kalium, serta kalsium (Tarigan, 2017).

Magnesium merupakan komponen penting dari tulang krustasea, tulang rawan dan eksoskeleton. Magnesium merangsang kontraksi otot dan saraf melalui perannya dalam aktivasi enzim, terlibat dalam regulasi keseimbangan asam-basa intraseluler, dan berperan penting dalam metabolisme karbohidrat, protein dan lipid. Selain itu, magnesium berperan dalam kesehatan tulang dan metabolisme energi. Kekurangan magnesium dapat ditandai dengan pertumbuhan yang lambat, kehilangan nafsu makan, dan kematian (Shabrina, 2020).

2.3 Kebutuhan Ca pada Udang Vaname

Menurut Zweig *et al.* (1999), udang membutuhkan mineral kalsium sebagai komponen utama dalam proses *molting* dan pengerasan cangkang, serta menunjang proses osmoregulasi, dan fungsi vital lainnya. *Molting* merupakan fase pergantian cangkang yang terjadi pada udang. Pada fase tersebut udang akan melepaskan cangkangnya yang lama karena ukuran daging udang bertambah besar sementara cangkang tidak bertambah besar, sehingga udang membentuk cangkangnya kembali dengan bantuan kalsium (Zaidy, 2008). Beberapa tahapan proses molting pada udang vaname antara lain: *postmolt*, *intermolt*, *early molt*, dan *late premolt*.

Tahapan *postmolt* pada udang merupakan tahap pelepasan eksoskeleton lama atau yang disebut dengan proses *eksuvasi*. Setelah eksoskeleton lama terlepas, dalam beberapa jam atau hari akan tumbuh eksoskeleton baru hingga akhirnya mengeras seperti eksoskeleton lama. *Intermolt* merupakan tahapan dimana eksoskeleton akan semakin mengeras yang disebabkan oleh mineral dan protein yang menyatu. Tahap selanjutnya adalah *early premolt* yaitu terbentuknya *epicuticle* baru yang ada di bawah lapisan *endocuticle* pada udang. *Late premolt* merupakan tahapan terbentuknya lapisan *exocuticle* baru di bawah lapisan *epicuticle* yang sebelumnya telah terbentuk pada tahap *early premolt*, yang selanjutnya diikuti dengan memisahkannya antara cangkang lama dan cangkang baru (Rianto, 2019).

Kelompok krustasea seperti udang dan kepiting harus melewati proses *molting* untuk dapat tumbuh dan berkembang, semakin sering terjadinya *molting* maka tingkat laju pertumbuhan akan semakin tinggi. Selama proses *molting*, kalsium sangat dibutuhkan oleh udang untuk pembentukan eksoskeleton yang baru.

Eksoskeleton yang merupakan cangkang luar krustasea tersusun dari sebagian besar mineral kalsium, sehingga udang membutuhkan kalsium dalam jumlah yang besar untuk memperoleh tambahan kalsium pada saat pasca pergantian kulit (*post molting*). Salah satu penyebab kegagalan *molting* pada udang adalah ketidakmampuan udang melakukan gastrolisasi, yaitu penyerapan kalsium dalam tubuh. Kegagalan gastrolisasi dapat disebabkan oleh ketersediaan kalsium yang tidak tercukupi di dalam tubuh dan sulitnya tubuh udang untuk menyerap asupan kalsium yang disebabkan ukuran kalsium yang tidak optimal untuk proses penyerapan (Handayani dan Syahputra, 2018).

2.4 Kualitas Air pada Pemeliharaan Udang Vaname

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting yang berperan dalam produksi udang budi daya karena kesesuaian nilai-nilai fisika, kimia, dan biologi air akan berpengaruh, baik secara langsung maupun tidak langsung, terhadap kelangsungan hidup, kondisi fisiologis dan biokimia, status kesehatan, pertumbuhan dan produksi budi daya udang. Suhu air secara langsung memengaruhi metabolisme pada

udang vaname. Udang vaname memiliki kemampuan untuk mengatur sel sekretori dan sel epitel di ginjal serta konsentrasi metabolit plasma, sehingga memungkinkan untuk beradaptasi dengan kisaran suhu yang luas dari 13°C hingga 28°C (Wang *et al.*, 2019). Kisaran suhu yang menunjang pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname berkisar antara 26-33°C (Wickins dan Lee, 2002) atau antara 23,5-31,5°C (Abdelrahman *et al.*, 2018).

Upaya untuk menjaga pH air harian dalam budi daya udang vaname menjadi suatu keharusan agar stabilitas kualitas air dapat terjaga dengan baik. Nilai pH yang dapat menunjang kelangsungan hidup benur vaname yakni berkisar 7,5-8,5 (SNI, 2009). Air budi daya dengan fluktuasi atau nilai pH ekstrim dapat menyebabkan udang menjadi stres dan terhambatnya proses *molting*, sehingga tingkat kelangsungan hidup udang vaname rendah (Chakravarty *et al.*, 2016). Menurut Effendi (2003), sebagian besar organisme akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan lebih menyukai pH sekitar 7-8,5. Nilai pH memiliki pengaruh besar pada proses biokimiawi air, nilai pH yang rendah menyebabkan berakhirnya proses nitrifikasi.

Oksigen terlarut merupakan salah satu variabel kualitas air yang sangat penting untuk menunjang kehidupan udang vaname. Konsentrasi optimal oksigen terlarut pada benur menurut Badan Standarisasi Nasional (2009) adalah 5 mg/l. Sistem aerasi yang berfungsi sebagai pemasok oksigen terlarut dalam air menjadi suatu hal yang penting saat pemeliharaan. Sistem aerasi menunjang proses dekomposisi aerobik bahan organik dan nitrifikasi oleh bakteri. Saat sistem aerasi berhenti, oksigen terlarut akan menurun drastis di bawah 3 mg/l hanya dalam kurun waktu 1 jam (Suwoyo *et al.*, 2018). Kandungan oksigen terlarut (DO) dalam air saat proses pemeliharaan menjadi salah satu faktor penting untuk menjaga kesehatan udang. Menurut Suprpto (2005), nilai DO optimal untuk pertumbuhan udang vaname adalah > 3 mg/l dengan toleransi 2 mg/l.

Alkalinitas merupakan daya penyangga (buffer) fluktuasi pH yang terkandung dalam perairan dan terdiri ion karbonat, bikarbonat, dan hidroksida (Suwoyo *et al.*, 2018). Alkalinitas erat kaitannya dengan nilai FCR pada udang. Alkalinitas

merupakan parameter kualitas air yang memengaruhi kelimpahan ion mineral dan kapur dalam air tambak. Mineral dan zat kapur merupakan suplemen alami yang dibutuhkan udang untuk tumbuh setelah *molting* dan menyeimbangkan sistem pengaturan dalam tubuh (Ariadi dan Wafi, 2020). Alkalinitas pada tambak budi daya udang pada umumnya berada pada kisaran 96-156 ppm. Menurut Adiwijaya *et al.* (2003), alkalinitas optimum untuk budi daya udang vaname adalah sekitar 90-150 ppm. Jika nilai alkalinitas lebih besar dari 150 ppm, perlu dilakukan pengenceran salinitas dan konsentrasi plankton dan oksigen secukupnya. Alkalinitas tinggi ini membantu menyediakan kalsium untuk kebutuhan osmotik sel-sel dalam tubuh udang. Alkalinitas, juga dikenal sebagai alkalinitas total, adalah konsentrasi total unsur-unsur dasar yang ada dalam air atau setara dengan kalsium karbonat (CaCO_3) (Yanti *et al.*, 2017).

Amonia merupakan salah satu limbah yang dihasilkan oleh metabolisme kotoran dan pakan udang yang tersisa di air dan mengendap tidak dapat dimakan di dasar kolam (Dauhan *et al.*, 2014). Amonia dalam air terdapat dalam bentuk amonia (NH_3) dan amonium (NH_4^+) dan secara kolektif dikenal *total ammonia nitrogen* (TAN). Jumlah keduanya adalah fungsi dari pH dan suhu. Amonia tidak hanya beracun, tetapi juga merupakan produk metabolisme nitrogen yang paling banyak diproduksi. Selain metabolisme pakan bernitrogen dan sisa pakan yang tidak termakan, amonia juga dihasilkan dari dekomposisi organisme mati. Hal ini menjadikan amonia sebagai salah satu kendala utama dalam proses budi daya (Wahyuningsih dan Gitarma, 2020). Standar nilai konsentrasi amonia untuk budi daya udang vaname menurut (SNI 8037.1:2014) adalah $<0,1$ mg/l. Konsentrasi amonia di atas 4 atau 5 mg/l bersifat racun bagi udang (Suwoyo *et al.*, 2018).

Vibrio sp. merupakan jenis bakteri yang paling umum ditemukan pada produk ikan termasuk udang, karena secara alami *Vibrio* sp. ditemukan di lingkungan perairan. *Vibrio* sp. tergolong bakteri patogen karena dapat menyebabkan penyakit pada manusia (Akerina, 2018). Vibriosis merupakan penyakit berbahaya yang menyerang larva udang baik yang dipelihara di pembenihan, juvenil udang yang dipelihara pada tambak pembesaran, maupun udang dewasa. Penyakit yang

disebabkan oleh bakteri, virus, dan jamur dapat terjadi apabila terjadi ketidakseimbangan antara inang, patogen, dan lingkungan. Pada budi daya udang, penyakit yang paling umum disebabkan oleh *Vibrio* sp. Bakteri jenis ini memiliki kemampuan untuk tumbuh dengan cepat jika terdapat banyak bahan organik di dalam air tambak. Saat populasi *Vibrio* sp. lebih besar dari populasi bakteri lain, maka dapat menyebabkan berkurangnya kelangsungan hidup udang pada saat pembenihan dan pembesarannya (Gunawan *et al.*, 2018). Ambang batas minimum keberadaan bakteri *Vibrio* sp. dalam air adalah 10^4 CFU/ml, sedangkan batas minimal bakteri umum di perairan adalah 10^6 CFU/ml (Taslihan *et al.*, 2004).

2.5 Toleransi terhadap Salinitas

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dapat hidup dengan baik di berbagai salinitas karena bersifat eurihalin. Udang vaname mampu mentolerir kisaran salinitas yang luas, mulai dari 0,5-45 ppt, tetapi dapat tumbuh dengan baik pada kisaran salinitas 10-15 ppt (dimana lingkungan udang dan hemolimnya berada dalam kondisi *iso osmotic*). Hal ini memungkinkan udang vaname dapat dipelihara jauh dari pantai/pesisir untuk produktivitas yang baik. Budi daya udang pada salinitas rendah dapat mengurangi virulensi (tingkat keganasan) dari virus (Supono, 2019).

Udang vaname akan berusaha menjaga keseimbangan mineral dalam tubuh dengan meningkatkan penyerapan ion terlarut dari lingkungan eksternal melalui insangnya sebagai upaya mempertahankan kelangsungan hidupnya dari perubahan salinitas perairan (Taqwa *et al.*, 2021). Supono (2015) menyatakan bahwa kadar oksigen terlarut pada tambak yang secara intensif memelihara udang vaname idealnya minimal 4 mg/l.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April – Mei 2022 di Laboratorium Budi-
daya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas
Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 1 dan
Tabel 2.

Tabel 1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama Alat	Kegunaan
1.	Bak kontainer kapasitas 70 liter ukuran 61x42,5x38 cm ³	Wadah pemeliharaan udang.
2.	Selang aerasi dan batu aerasi	Menyalurkan aerasi dan mengoptimalkan oksigen.
3.	Termometer	Mengukur suhu.
4.	DO meter	Mengukur kadar oksigen terlarut di dalam air.
5.	pH meter	Mengetahui suatu larutan asam atau basa.
6.	Refraktometer	Mengukur salinitas.
7.	<i>Scope net</i>	Mengambil udang.
8.	<i>Blower</i>	Menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan.
9.	Timbangan digital	Menimbang mineral dan udang.
10.	Waring	Menutupi bak kontainer bagian atas.
11.	Botol sampel	Menyimpan sampel air.
12.	Cawan petri	Menumbuhkan mikroba.
13.	Mikropipet	Memindahkan larutan

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

No.	Nama Alat	Kegunaan
14.	<i>Spreader</i>	Menyebarkan cairan di permukaan media agar supaya bakteri yang tersuspensi.
15.	Spektrofotometer	Mengukur absorbansi uji.
17.	Erlenmeyer	Mencampurkan larutan dan menyimpan larutan.
18.	1 set alat titrasi	Mengukur alkalinitas.

Tabel 2. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama Bahan	Kegunaan
1.	Udang vaname PL 15	Hewan uji penelitian.
2.	Magnesium dari $MgCl_2$	Penambahan mineral pada media pemeliharaan.
3.	Kalsium dari $CaCO_3$	Penambahan mineral pada media pemeliharaan.
4.	Sodium dari $NaCl$	Penambahan mineral pada media pemeliharaan.
5.	Potassium dari KCl	Penambahan mineral pada media pemeliharaan.
6.	Air tawar	Media pemeliharaan udang vaname.
7.	Pakan komersil SI-01	Penunjang pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang.
8.	Media TCBS	Media selektif pada uji vibrio.
9.	Akuades	Pelarut saat melarutkan senyawa.
10.	Larutan $MnSO_4$	Pelarut saat uji TAN.
11.	Larutan <i>hypoclorous</i>	Pelarut saat uji TAN.
12.	Larutan <i>phenate</i>	Pelarut saat uji TAN.
13.	Larutan NH_4Cl	Larutan standar konsentrasi TAN.
14.	Indikator pp	Indikator perbandingan dalam proses titrasi.
15.	Indikator BCG-MR	Indikator untuk mengetahui asam dalam keadaan berlebih.
16.	Larutan H_2SO_4	Larutan untuk menghitung total alkalinitas.
17.	Etanol 95%	Pelarut pada indikator PP dan BCG-MR.

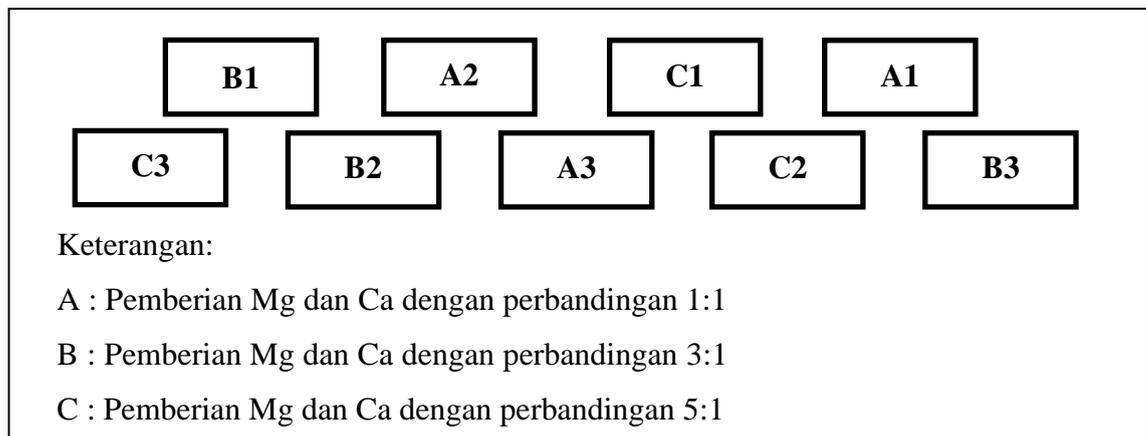
3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Rancangan penelitian yang digunakan berupa rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 (tiga) perlakuan dan 3 (tiga) kali ulangan. Perlakuan yang diberikan berupa penambahan Mg dan Ca dengan rasio berbeda ke dalam media pemeliharaan bervolume 50 liter. Pada tiap perlakuan juga ditambahkan Na (sodium) dan K (potassium) dengan perbandingan rasio 27:1 atau sesuai dengan standar ketentuan salinitas 5 ppt yaitu Na sebanyak 1.522 mg/l dan K sebanyak 55 mg/l, yang mengacu pada pendapat Boyd (2018). Konsentrasi pemberian Mg dan Ca ke dalam media pemeliharaan mengacu pada pendapat Roy *et al.* (2010) dan Boyd (2018), dengan sedikit modifikasi pada

rasio konsentrasi yang diberikan. Rincian perlakuan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- Perlakuan A : Pemberian Mg dan Ca dengan perbandingan 1:1 (65 mg/l : 65 mg/l)
- Perlakuan B : Pemberian Mg dan Ca dengan perbandingan 3:1 (195 mg/l : 65 mg/l)
- Perlakuan C : Pemberian Mg dan Ca dengan perbandingan 5:1 (325 mg/l : 65 mg/l)

Penempatan setiap satuan percobaan dilakukan secara acak. Desain penempatan satuan perlakuan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain penempatan penentuan satuan perlakuan

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Media Pemeliharaan

Wadah yang digunakan dalam penelitian ini berupa bak kontainer dengan kapasitas 70 liter yang berukuran $61 \times 42,5 \times 38 \text{ cm}^3$ sebanyak 12 unit, dengan 3 unit sebagai tandon. Tandon yang disediakan merupakan air yang ditambahkan mineral sesuai dengan masing-masing perlakuan hingga menjadi 5 ppt. Bak kontainer beserta perlengkapan aerasi disterilkan dengan cara dicuci menggunakan deterjen dan air mengalir, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Selanjutnya wadah diisi air sebanyak 50 liter dan dilakukan pemasangan aerasi di tiap wadah

pemeliharaan. Setiap bak kontainer diberi label perlakuan dan ulangan. Pemberian Mg, Ca, Na, dan K sesuai dengan masing-masing perlakuan dilakukan setelah media pemeliharaan diaerasi dan dibiarkan larut selama 24 jam hingga media pemeliharaan menjadi 5 ppt.

3.4.2 Persiapan Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa udang vaname stadia PL 15 dengan rata-rata berat awal sebesar 0,315 g yang berasal dari *hatchery* CV Opye, Kabupaten Kalianda. Masing-masing wadah pemeliharaan ditebar larva udang vaname dengan padat tebar 1 ekor/liter atau 50 ekor per wadah pemeliharaan. Larva udang diaklimatisasi terlebih dahulu selama 15 menit, setelah itu dimasukkan ke dalam wadah pemeliharaan yang sudah diberi mineral sesuai perlakuan. Sebanyak 10 ekor udang vaname dijadikan sampel untuk ditimbang hingga didapat ukuran berat udang pada awal penebaran.

3.4.3 Pemeliharaan Hewan Uji

Pemeliharaan dan pengamatan udang vaname dilaksanakan selama 35 hari. Pakan yang diberikan pada larva selama penelitian adalah pakan komersil ukuran SI-01 dengan kandungan protein 30%, lemak 6%, serat 3,5%, dan kadar abu 13%. Frekuensi pemberian pakan dilakukan sebanyak 3 kali sehari, yaitu pada pukul 08.00, 14.00, dan 22.00 WIB. Pemberian pakan menggunakan metode *blind feeding* yakni berdasarkan asumsi berat udang dan *feeding rate* (Supono, 2017). Setiap wadah pemeliharaan dilengkapi dengan aerator untuk resirkulasi dan menjaga agar kandungan oksigen dalam wadah tercukupi bagi kehidupan dan pertumbuhan udang. Penyiponan dilakukan 3 hari sekali agar kualitas air tetap terjaga dengan baik. Penambahan air setelah penyiponan dilakukan sesuai dengan volume air yang terbuang. Air yang ditambahkan ini berasal dari tandon yang telah disediakan di awal persiapan. Untuk mengetahui kualitas air media pemeliharaan, maka dilakukan pengukuran suhu, pH, oksigen terlarut (DO), uji alkalinitas, uji *total ammonia nitrogen* (TAN), dan uji kepadatan vibrio.

3.5 Parameter Penelitian

Parameter penelitian yang diamati pada penelitian ini antara lain pertumbuhan berat mutlak, laju pertumbuhan spesifik (SGR), tingkat kelangsungan hidup (SR), dan kualitas air.

3.5.1 Pertumbuhan Berat Mutlak

Pertumbuhan berat mutlak udang vaname merupakan selisih berat rata-rata pada akhir pemeliharaan dengan awal pemeliharaan. Pertumbuhan berat mutlak dihitung dengan persamaan menurut Effendi (2003) sebagai berikut:

$$W_m = W_t - W_o$$

Keterangan:

W_m : Pertumbuhan berat mutlak (g)

W_t : Berat rata-rata udang pada akhir penelitian (g)

W_o : Berat rata-rata udang pada awal penelitian (g)

3.5.2 Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)

Specific growth rate (SGR) adalah presentase pertambahan udang setiap hari selama penelitian. Laju pertumbuhan spesifik (SGR) dapat dihitung berdasarkan persamaan menurut Zonneveld *et al.* (1991) sebagai berikut:

$$SGR = \frac{[(\ln W_t - \ln W_o) \times 100\%]}{t}$$

Keterangan:

SGR : Laju pertumbuhan harian spesifik (%/hari)

W_t : Berat rata-rata udang pada akhir penelitian (g/ekor)

W_o : Berat rata-rata udang pada awal penelitian (g/ekor)

t : Waktu (lama pemeliharaan)

3.5.3 Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)

Kelangsungan hidup atau *survival rate* dihitung untuk mengetahui jumlah persentase udang yang hidup selama penelitian. Kelangsungan hidup udang vaname dapat dihitung berdasarkan persamaan menurut Effendie (2002) sebagai berikut:

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

Keterangan :

SR : Tingkat kelangsungan hidup (%)

N_t : Jumlah udang hidup pada akhir penelitian (ekor)

N_o : Jumlah udang hidup pada awal penelitian (ekor)

3.5.4 Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur terdiri dari suhu, pH, oksigen terlarut, alkalinitas, *total ammonia nitrogen* (TAN), amonia, dan kepadatan vibrio. Pengukuran kualitas air berupa suhu, pH, dan DO dilakukan dengan frekuensi 3 hari sekali selama pemeliharaan. Untuk uji alkalinitas dilakukan satu kali selama pemeliharaan, sedangkan uji TAN dan uji kepadatan vibrio dilakukan sebanyak dua kali. Alat yang digunakan untuk pengukuran kualitas air, antara lain pH meter, DO meter, dan spektrofotometer.

a. Suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO)

Pengukuran suhu dan DO menggunakan alat ukur kualitas air berupa DO meter, sedangkan pH diukur menggunakan pH meter.

b. Alkalinitas

Pengukuran alkalinitas dilakukan dengan cara dimasukkan sebanyak 50 ml sampel air pemeliharaan udang ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya sampel air ditambahkan 2 tetes *phenolptalein*. Jika sampel air tetap berwarna bening, berarti $\text{CO}_3^{2-} = 0$, namun apabila berubah warna menjadi merah muda, maka dititrasi dengan H_2SO_4 0,02 N sampai berwarna bening. Sampel kemudian ditambahkan dua tetes

indikator BCG-MR, lalu dititrasi dengan H₂SO₄ 0,02 N sampai warna biru hilang. Total alkalinitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan menurut Grenberg (1992) sebagai berikut:

$$\text{Total alkalinitas (mg CaCO}_3\text{/l)} = A \times N \times 1000$$

Keterangan:

A : Volume total H₂SO₄ 0,02 N

N : Normalitas H₂SO₄

c. *Total ammonia nitrogen (TAN) dan amonia*

Pengukuran kualitas air berupa TAN dan amonia terdiri dari 2 tahapan yaitu membuat grafik standar TAN dan pengukuran sampel air. Dalam proses membuat grafik standar, diawali dengan menyiapkan larutan konsentrasi TAN 0; 0,125; 0,25; 0,5; dan 0,1 mg/l. Sebanyak 10 ml larutan ditambah dengan 0,05 ml larutan MnSO₄. Masing-masing larutan ditambah dengan 0,5 *hypoclorous* kemudian ditambah dengan 0,6 ml larutan *phenate*. Setelah satu jam, larutan diamati menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 625 nm. Setelah itu, hasil pengukuran absorban masing-masing konsentrasi TAN dibuat grafik standar.

Tahapan kedua yaitu pengukuran sampel air. Sampel air sebanyak 10 ml ditambah dengan 0,05 ml larutan MnSO₄ lalu dihomegenkan secara merata. Selanjutnya sampel ditambahkan 0,5 ml *hypoclorous* dan 0,6 ml larutan *phenate*. Setelah satu jam, sampel diamati dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm dan dibandingkan dengan nilai absorbansi yang diperoleh dari grafik standar.

d. **Kepadatan Vibrio**

1. Pembuatan Media Selektif

Media tumbuh selektif *Vibrio* sp. adalah media *thiosulphate citrate bile salt sucrose* (TCBS). Langkah pembuatan media TCBS yaitu 17,6 g bubuk media TCBS dilarutkan ke 250 ml akuades di dalam erlenmeyer. Selanjutnya larutan media dihomogenkan di atas *hot plate* dengan menggunakan *magnetic stirrer* hingga

mendidih. Bagian mulut erlenmeyer ditutup dengan aluminium foil dan diikat menggunakan karet agar lebih kuat. Setelah media homogen, media diangkat dan ditunggu suhunya turun. Selanjutnya, media dituang secara aseptis ke dalam cawan petri. Setelah media mengeras cawan petri dibalik dan disimpan di dalam kulkas atau inkubator bersuhu $< 28^{\circ}\text{C}$ untuk menjaga media agar tetap keras.

2. Isolasi Bakteri

Sampel air diambil 50 μl untuk ditanam secara *pour plate* pada media TCBS. Dilapisi cawan petri dengan plastik wrap untuk menghindari kemungkinan kontaminasi dari luar. Sampel ditandai dengan menggunakan label beserta dituliskan pada label untuk lokasi pengambilan sampelnya. Kemudian diinkubasi cawan petri dalam inkubator selama 24 jam pada suhu 36°C .

3. Perhitungan Koloni Bakteri

Perhitungan koloni bakteri dilakukan setelah media diinkubasi selama 24 jam sesuai dengan rumus *total plate count* (TPC). Total koloni bakteri dapat dihitung menggunakan persamaan menurut SNI 7545.1 (2009) sebagai berikut:

$$N(\text{CFU/ml}) = n / 0,1(\text{ml}) \times 10^x$$

Keterangan :

n : jumlah koloni bakteri dalam plate agar

10^x : seri pengenceran

3.6 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini meliputi analisis secara kuantitatif dan kualitatif. Data parameter pertumbuhan panjang mutlak, *specific growth rate* (SGR), dan *survival rate* (SR) dianalisis secara kuantitatif menggunakan *analysis of variance* (Anova) pada taraf kepercayaan 95% dan apabila terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan uji Duncan dengan aplikasi SPSS v28.0, sedangkan data parameter kualitas air dianalisis secara deskriptif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan Mg dan Ca dengan rasio yang berbeda pada media air tawar, berbeda nyata terhadap pertumbuhan udang vaname. Perbandingan rasio 5:1 menghasilkan pertumbuhan udang vaname yang terbaik.
2. Pengaruh penambahan Mg dan Ca dengan rasio yang berbeda pada media air tawar, tidak berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup udang vaname.

5.2 Saran

Penambahan Mg dan Ca dengan rasio 5:1 pada media budi daya udang vaname air tawar mampu meningkatkan pertumbuhan dan dapat diaplikasikan oleh pembudi daya udang vaname air tawar.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelrahman, H. A., Abebe, A., dan 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(2): 658-672.
- Adiwijaya, D., Sapto, E.P.R., Sutikno, E., Sugeng, dan Subiyanto. 2003. *Budidaya udang vaname (L.vannamei) sistem tertutup yang ramah lingkungan*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Dirjen Perikanan Budidaya. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara. 29 hal.
- Akerina, F.O.U. 2018. Identifikasi bakteri *Vibrio* sp. dan deteksi keberadaan *Escherichia coli* pada beberapa jenis udang beku di Pasar Arumbae Kota Ambon. *Hibualamo: Seri Ilmu-Ilmu Alam dan Kesehatan*. 2(1): 21-25.
- Ali, F., dan Waluyo, A. 2015. Tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan udang galah (*Macrobrachium rosenbergii* De Man) pada media bersalinitas. *Limnotek: Perairan Darat Tropis di Indonesia*. 22(1): 42-51.
- Amirna, O., Iba, R., dan Rahman, A. 2013. Pemberian silase ikan gabus pada pakan buatan bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada stadia post larva. *Mina Laut Indonesia*. 1(1): 93-103.
- Ariadi, H., dan Wafi, A. 2020. Water quality relationship with FCR value in intensive shrimp culture of vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*. 11(1): 44-50.
- Ariadi, H., Fadjar, M., dan Mahmudi, M. 2019. Financial feasibility analysis of shrimp vannamei (*Litopenaeus vannamei*) culture in intensive aquaculture system with low salinity. *ECSoFiM (Economic and Social of Fisheries and Marine)*. 7(1): 95-108.
- Atmomarsono, M., Muliani, Nurbaya, E. Susianingsih, Nurhidayah, dan Rachmansyah. 2013. *Peningkatan Produksi Udang Windu di Tambak Tradisional Plus dengan Aplikasi Probiotik RICA (Buku Rekomendasi Teknologi Kelautan dan Perikanan 2013)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan (KKP). 43 hal.

- Awanis, A. A., Prayitno, S. B., dan Herawati, V. E. 2017. Kajian kesesuaian lahan tambak udang vaname dengan menggunakan sistem informasi geografis di Desa Wonorejo, Kecamatan Kaliwungu, Kendal, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*. 6(2): 102-109.
- Boyd, C. E. 2018. Revisiting ionic imbalance in low-salinity shrimp aquaculture. *Global Aquaculture Alliance*. Auburn University. 4 hal.
- 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*. 4(4): 390-395.
- Dahlan, J., Hamzah, M., dan Kurnia, A. 2017. Pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dikultur pada sistem bioflok dengan penambahan probiotik. *Journal of Fishery Science and Innovation*. 1(1): 19-27.
- Dauhan, R. E. S. dan Efendi, E. 2014. Efektifitas sistem akuaponik dalam mereduksi konsentrasi amonia pada sistem budidaya ikan. *E-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 3(1): 297-302.
- Davis, D. A., Boyd, C. E., Rouse, D. B., dan Saoud, I. P. 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.
- Direktorat Jendral Perikanan Budidaya Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2021. *Budidaya Udang Vaname Di Tambak Milenial (Millenial Shrimp Farming/MSF)*. <https://kkp.go.id/djpb/bpbapsitubondo/>, diakses tanggal 20 November 2021.
- Dwiono, A., Widigdo, B., dan 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.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 257 hal.
- Effendie, M.I. 2002. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta. 163 hal.
- Febriani, D., Marlina, E., dan 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):1-8.

- Ghufron, M., Mirni L., Putri D.W.S., dan Hari, S. 2018. Teknik pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada tambak pendampingan PT Central Proteina Prima Tbk di Desa Randutatah, Kecamatan Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 7(2): 70-77.
- Gunawan, M. T., Deswati, L., dan Muhar, N. 2018. Keberadaan bakteri *Vibrio* pada air pembesaran udang vanammei (*Litopenaeus vannamei*) pada lokasi yang berbeda di Kabupaten Padang Pariaman sebagai deteksi dini serangan penyakit vibriosis. *Article of Undergraduate Research, Faculty of Fisheries and Marine Science, Bung Hatta University*. 13(1): 1-6.
- Haliman, R.W dan D. Adijaya. 2005. *Udang vannamei, Pembudidayaan dan Prospek Pasar Udang Putih yang Tahan Penyakit*. Penebar Swadaya. Jakarta. 75 hal.
- Handayani, Y. G. 2009. *Pengaruh Penambahan Kalsium Karbonat pada Media Bersalinitas 3 ppt terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Patin *Pangasius sp.** (Skripsi). Institut Pertanian Bogor: Bogor. 51 hal.
- Handayani, L. dan Syahputra, F. 2018. Penambahan nano kalsium dari cangkang tiram (*Crassostrea gigas*) dalam pertumbuhan udang galah (*Macrobrachium Rosenbergii*). *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu Universitas Asahan dengan Tema Strategi Membangun Penelitian Terapan yang Bersinergi dengan Dunia Industri, Pertanian dan Pendidikan Dalam Meningkatkan Daya Saing Global*. Universitas Asahan. Kisaran. Hal 361-368.
- Harahap, Q. H. 2017. Pertumbuhan dan produksi padi sawah di Kabupaten Panyabungan Sumatera Utara yang menggunakan air limbah tambang untuk analisis kualitas air dan tanah. *Jurnal AGROHITA*. 1(1): 5-22.
- Hendradjat, E. A., Suharyanto, S., dan Mangampa, M. 2014. Fluktuasi oksigen terlarut harian pada tambak polikultur udang windu (*Penaeus monodon*), rumput laut (*Gracilaria sp.*), dan ikan bandeng (*Chanos chanos*). *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan. Kisaran. Hal 295-302.
- Holthuis, L.B. 1980. *FAO species catalogue vol. 1 - shrimps and prawns of the world: an annotated catalogue of species of interest to fisheries*. *FAO Fisheries Synopsis*. 1(125): 271.
- Johan, M. D., Supono, S., dan Suparmono, S. 2019. Kajian sintasan dan pertumbuhan benih ikan badut *Amphiprion percula* (Bloch, 1801) yang dipelihara pada media salinitas yang berbeda. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 12(2): 175-182.

- Kadriah, I. A. K. dan Nurhidayah, N. 2014. Pertumbuhan *Vibrio* berpendar patogenik pada media air dengan salinitas berbeda serta media miskin nutrisi. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan. Kisaran. Hal 1115-1121.
- Kestawi, Yusuf. 2005. *Zoologi Avertebrata*. Universitas Negeri Malang (UM Press). Malang. 302 hal.
- Kitani, H. 1994. Identification of wild postlarvae of the penaeid shrimps, genus *Penaeus* in the Pasific Coast of Central America. *Fisheries Science*. 60(30): 243-247.
- Mahendra, M. 2015. Kombinasi kadar kalium dan salinitas media pada performance juvenil udang galah (*Macrobrachium rosenbergii* de Man). *Jurnal Perikanan Tropis*. 2(1): 55-71.
- Manoppo, H. 2011. *Peran Nukleotidase sebagai Imunostimulan terhadap Respon Imun Nonspesifik dan Resistensi Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor: Bogor. 51 hal.
- Mantel, L.H. dan Farmer, L.L. 1983. Osmotic and ionic regulation. In: Mantel, L.H. (ed). *The Biology of Crustacea, Volume 5. Internal Anatomy and Physiological Regulation*. Academic Press. New York. 162 hal.
- Mujiman, A. dan R. Suyanto. 2001. *Budidaya Udang Windu*. Penebar Swadaya. Jakarta. 213 hal.
- Nababan, E., Putra, I., dan Rusliadi. 2015. Pemeliharaan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan persentase pemberian pakan yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 3(2): 18-26.
- Nehru, E., Chandrasekhara Rao, A., Pamanna, D., Ranjith, P., dan Lokesh, B. 2018. Effect of aqueous minerals supplementation on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in low salinity water. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(1): 1706-1713.
- Putri, T., Supono, S., dan Putri, B. 2020. Pengaruh jenis pakan buatan dan alami terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 8(2): 176-192.
- Rakhfid, A., Nur, B., Muh, B., dan Fendi, F. 2017. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada padat tebar berbeda. *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. 1(2): 1-6.

- Rianto, A. 4 Tahap Dalam Proses Pergantian Cangkang Udang. <https://www.isw.co.id/post/2019/06/11/4-tahap-dalam-proses-pergantian-cangkang-udang/>, diakses tanggal 4 Oktober 2022.
- Rusmiyati, S. 2019. *Menjala Rupiah Budidaya Udang Vannamei Varietas Baru Unggulan*. Pustaka Baru Press. Yogyakarta. 162 hal.
- Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. J., dan Boyd, C. E. 2010. Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture*. 2(4): 191-208.
- SNI 7311. 2009. *Produksi Benih Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) Kelas Benih Sebar*. Badan Standarisasi Nasional. 16 hal.
- SNI 7545.1:2009. *Metode Identifikasi. Bakteri pada Ikan Secara Konvensional- Bagian 1: Edwardsiella ictaluri*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 14 hal.
- SNI 8037.1. 2014. *Udang Vaname (Litopenaeus vannamei, Boone 1931) Bagian 1: Produksi Induk Model Indoor*. Badan Standarisasi Nasional. 11 hal.
- Sahrijanna, A., dan Septiningsih, E. 2017. Variasi waktu kualitas air pada tambak budidaya udang dengan teknologi integrated multitrophic aquaculture (IMTA) di Mamuju Sulawesi Barat. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 8(2):52-57.
- Sawito. 2019. *Optimasi Salinitas terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Stadia Post Larva Udang Vaname (Litopenaeus vannamei, Boone 1931)*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar. 49 hal.
- Shabrina, R. N. 2020. *Kajian Pemberian Mineral Magnesium (Mg) pada Pakan terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) yang Dipelihara pada Salinitas 10 ppt*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 76 hal.
- Supono. 2017. *Teknologi Produksi Udang*. Plantaxia. Yogyakarta. 168 hal.
- Supono. 2019. *Budidaya Udang Vaname Salinitas Rendah, Solusi untuk Budidaya di Lahan Kritis*. Graha Ilmu. Bandar Lampung. 132 hal.
- Suprpto. 2005. *Petunjuk teknis budidaya udang vaname (Litopenaeus vannamei)*. CV Biotirta. Bandar Lampung. 25 hal.
- Supriatna, M., Mahmudi, M., dan Musa, M. 2020. Model pH dan hubungannya dengan parameter kualitas air pada tambak intensif udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Banyuwangi Jawa Timur. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*. 4(3): 368-374.

- Suwoyo, H. S., Fahrur, M., dan Syah, R. 2018. Pengaruh jumlah titik aerasi pada budidaya udang vaname, *Litopenaeus vannamei*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 10(3): 727-738.
- Syafaat, M. N., Mansyur, A., dan Tonnek, S. 2012. Dinamika kualitas air pada budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) semi-intensif dengan teknik pergiliran pakan. *Prosiding Indoaqua-Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau Sulawesi Selatan. Kisaran. Hal 487-494.
- Syukri, M. dan Ilham, M. 2016. Pengaruh salinitas terhadap sintasan dan pertumbuhan larva udang windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Galung Tropika*. 5 (2): 86-96.
- Tahe, S., Agung, N., dan Hidayat, S.S. 2011. Pemasyarakatan teknologi budidaya udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) sistem polikultur dengan ikan bandeng (*Chanos chanos*) di tambak salinitas rendah. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. Balai Riset Perikanan Air Payau Sulawesi Selatan. Kisaran. Hal 425-434.
- Tarigan, S. P. 2017. Peran magnesium dalam mobilitas fungsional pada lanjut usia. *Cermin Dunia Kedokteran*. 44(8): 573-575.
- Taslihan, A, Ani W, Retna H, S.M. Astuti. 2004. *Pengendalian Penyakit Pada Budidaya Ikan Air Payau*. KKP Direktorat Jenderal Perikanan Balai Besar Budidaya Air Payau. Jepara. 32 hal.
- Taqwa, F. H., Djokosetiyanto, D., dan Affandi, R. 2008. Pengaruh penambahan kalium pada masa adaptasi penurunan salinitas terhadap performa pascalarva udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Riset Akuakultur*. 3(3):431- 436.
- Taqwa, F. H., Fitriani, M., dan Purwanto, R. 2021. Respons fisiologis benur udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) terhadap penambahan kalsium selama adaptasi di salinitas rendah. *Acta Aquatica: Aquatic Science Journal*. 8(2): 112-117.
- Taqwa, F. H., Sasanti, A. D., Haramain, K., Kusriani, E., dan Gaffar, A. K. 2014. Penambahan kalsium pada air rawa sebagai pengencer salinitas media pemeliharaan pascalarva udang galah terhadap sintasan, tingkat kerja osmotik, dan konsumsi oksigen. *Jurnal Riset Akuakultur*. 9(2): 229-236.
- Usmiyatun. 2015. *Ekologi Hewan Petunjuk Praktikum Edisi Pertama*. Laboratorium Biologi Prodi Tadris Biologi Jurusan Fakultas dan Ilmu Keguruan. Institut Agama Islam Negeri. Palangkaraya. 101 hal.

- Utami, W. 2016. Pengaruh salinitas terhadap efek infeksi *Vibrio harveyi* pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 5(1): 82-90.
- Wahyuningsih, S., dan Gitarama, A. M. 2020. Amonia pada sistem budidaya ikan. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*. 5(2): 112-125.
- Wang, Z., Y. Qu, M. Yan, J. Li, J. Zou, dan L. Fan. 2019. Physiological responses of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* to temperature fluctuation in low-salinity water. *Frontiers in physiology*. 10(1025): 1-10.
- Wickins, J dan Lee, D.O.C, 2002. *Crustacean Farming Ranching and Culture (2nd edition)*. Blackwell Science Ltd: Oxford, UK. 446 hal.
- Widodo, A. F., Pantjara, B., Adhiyudanto, N. B., dan Rachmansyah, R. 2011. Performansi fisiologis udang vaname, *Litopenaeus Vannamei* yang dipelihara pada media air tawar dengan aplikasi kalium. *Jurnal Riset Akuakultur*. 6(2): 225-241.
- Yanti, M. E. G., Herliany, N. E., Negara, B. F., dan Utami, M. A. F. 2017. Deteksi molekuler White Spot Syndrome Virus (WSSV) pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di PT. Hasfam Inti Sentosa. *Jurnal Enggano*. 2(2): 156-169.
- Yulihartini, W., Rusliadi, R., dan Alawi, H. 2017. Effect of adding calcium hydroxide Ca(OH)₂ on molting, growth and survival rate vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*. 4(1): 1-12.
- Zaidy, A. B., Affandi, R., Kiranadi, B., Praptokardiyo, K., dan Manalu, W. 2008. Pendayagunaan kalsium media perairan dalam proses ganti kulit dan konsekuensinya bagi pertumbuhan udang galah (*Macrobrachium rosenbergii* De Man). *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 15(2): 117-125.
- Zonneveld, N., E.A. Huisman, dan Boon, J.H. 1991. *Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan*. Terjemahan PT.Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 318 hal.
- Zulfikar, W. G. 2020. *Budidaya Salinitas Rendah*. <https://demo.jala.tech/kabar-udang/budidaya-salinitas-rendah/>, diakses tanggal 23 Juni 2022.
- Zweig, R. D., Morton, J.D., dan Stewart, M.M. 1999. *Source Water Quality for Aquaculture: A Guide for Assesment*. The World Bank. Washington. 76 hal.