

**PENGARUH SUPLEMENTASI HYPEROL PADA PROFIL KADAR KALSIUM (Ca)
DAN MAGNESIUM (Mg) MEDIA AIR PEMELIHARAAN UDANG VANAME
(*Litopenaeus vannamei*)**

**The Effect Of Hyperol Supplementation On The Profile Of Calcium (Ca) And
Magnesium (Mg) Levels In The Bare Water Media Of Pacific White Shrimp
(*Litopenaeus vannamei*)**

Kurnia Faturrohman¹, Nurul Fatimah¹, Qorie Astria¹, *Aldi Huda Verdian², Linuwih Aluh Prastiti², Adni Oktaviana², Arif Faisal Siburian³

¹Program Studi Teknologi Pembenihan Ikan, Politeknik Negeri Lampung

²Program Studi Budidaya Perikanan, Politeknik Negeri Lampung

³Behn Meyer Chemicals, Indonesia

*Corresponding author: aldihudaverdian@polinela.ac.id

Teregistrasi: 7 November 2023, Diterima: 12 Desember 2023, Terbit: 13 Desember 2023

ABSTRAK

Udang vaname merupakan salah satu komoditas unggulan budidaya perikanan di Indonesia. Salah satu faktor penentu keberhasilan budidaya udang vaname adalah profil kualitas air media budidaya dan profil kualitas pakan yang diberikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek suplementasi HYPEROL yang mengandung kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan vitamin D3 pada pakan terhadap profil kandungan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam air media pemeliharaan udang vaname. Pemeliharaan dilakukan selama 40 hari dengan pemberian pakan dengan kandungan HYPEROL yang berbeda yaitu yaitu kontrol (tanpa suplementasi HYPEROL) dan penambahan empat kadar suplementasi HYPEROL per kg pakan yaitu sebanyak 0.25%; 0.50%; 0.75%; 1,00%. Penelitian ini menunjukkan bahwa suplementasi HYPEROL dengan konsentrasi 0,5% (perlakuan B) berpengaruh terhadap penurunan secara signifikan kadar Ca yaitu sebesar 200 mg/L dan penurunan kadar Mg dalam air sebesar 147 mg/L selama masa pemeliharaan. Hal tersebut diperkuat dengan tingginya nilai respon pertumbuhan udang vaname pada perlakuan B yaitu tingkat kelangsungan hidup (SR) sebesar 85%, bobot rata-rata akhir (ABW) sebesar 2,62 g dan meningkatkan laju pertumbuhan harian (ADG) sebesar 0,06 g/d.

Kata Kunci: *Litopenaeus vannamei*, kalsium, magnesium, vitamin D3

ABSTRACT

Pacific white shrimp (vaname) is one of the leading aquaculture commodities in Indonesia. One of the determining factors for the success of pacific white shrimp cultivation is the water quality profile and the quality profile of the feed provided. The aim of this study was to determine the effect of HYPEROL supplementation containing calcium (Ca), magnesium (Mg) and vitamin D3 in feed on the profile of calcium (Ca) and magnesium (Mg) content in the vaname shrimp rearing media. Maintenance was carried out for 40 days by providing feed with different HYPEROL contents, namely control (without HYPEROL supplementation) and the addition of four levels of HYPEROL supplementation per kg of feed, namely 0.25%; 0.50%; 0.75%; 1.00%. This research shows that HYPEROL supplementation with a concentration of 0.5% (treatment B) has an effect on significantly reducing Ca levels by 200 mg/L and reducing Mg levels in water by 147 mg/L during the maintenance period. This is reinforced by the high growth response value of vaname shrimp in treatment B has survival rate (SR) of 85%, average final weight (ABW) of 2.62 g and increase in daily growth rate (ADG) of 0.06 g/d.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*, calcium, vitamin D3, magnesium

PENDAHULUAN

Salah satu produk perikanan yang banyak dibudidayakan di Indonesia saat ini yaitu udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Budidaya udang vaname di Indonesia saat ini merupakan andalan sektor perikanan budidaya dan menjadi prioritas pengembangan

akuakultur di Indonesia untuk meningkatkan perekonomian nasional. Periode 2012 - 2018 kontribusi nilai ekspor udang terhadap nilai ekspor perikanan Indonesia rata-rata mencapai 36,27 %. Artinya komoditas udang memiliki peranan yang sangat signifikan terhadap kinerja ekspor komoditas perikanan Indonesia (BPBAP Situbondo, 2021). Nilai ekspor udang Indonesia mencapai USD 2.04 miliar atau 8.8% dari nilai impor total udang dunia sepanjang tahun 2020 (KKP, 2021). Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) memiliki target produksi udang mampu mencapai 2 juta ton pada tahun 2024 mendatang, dengan pasar ekspor utama yaitu Amerika, Jepang dan China.

Pemenuhan target produksi udang vaname tersebut dapat dilakukan dengan penerapan sistem budidaya intensif dengan kontrol parameter kualitas air yang baik disertai dengan pemenuhan nutrisi penting pada pakan udang. Salah satu parameter kualitas air yang berpengaruh terhadap pertumbuhan udang vaname adalah kadar kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Air laut secara alami mengandung berbagai macam jenis ion mineral terlarut yang berupa klor, natrium, belerang, magnesium, kalsium, kalium dan timbal (Lin *et al.*, 2019). Ion mineral pada air media pemeliharaan udang vaname juga dapat berasal dari pakan udang yang sudah diperkaya dengan zat yang mengandung kalsium dan magnesium.

Udang vaname membutuhkan mineral logam esensial berupa kalsium dan magnesium yang dapat dicukupi dari makanan dan lingkungan untuk proses pertumbuhannya. Kalsium merupakan makro mineral yang berperan dalam proses pengerasan kulit udang, metabolisme, hormonal, serta dibutuhkan oleh tubuh udang sebagai kofaktor. Sedangkan mineral magnesium berperan dalam menjaga keseimbangan tekanan osmotik, mengatur pH darah, hemolim, urin, dan cairan tubuh udang. Pemenuhan kecukupan kalsium dan magnesium pada pakan udang perlu dilakukan untuk mendukung pemenuhan kebutuhan mineral udang vaname selain dari kandungan alami mineral air laut. Penambahan vitamin D3 pada pakan udang juga diperlukan karena fungsi utama vitamin D3 dalam homeostasis kalsium adalah meningkatkan penyerapan kalsium dari usus (Gao *et al.*, 2015). Vitamin D yang aktif secara hormonal, melalui aksi genomiknya, merupakan stimulator utama penyerapan kalsium aktif di usus yang melibatkan masuknya kalsium, translokasi kalsium melalui bagian dalam ekstraseluler enterosit dan basolateral oleh pompa membran plasma usus (Ajibade *et al.*, 2010). Vitamin D3 telah terbukti meningkatkan aktivitas fagositosis, yang merupakan salah satu komponen sistem imun nonspesifik pada udang untuk membunuh dan mencerna patogen yang dikenali sebagai benda asing. Kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 yang digunakan adalah suplemen komersial dengan merk dagang HYPEROL dari Intracare B.V., The Netherlands. Kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 ini diharapkan dapat memiliki peran sinergis untuk memastikan keseimbangan mineral yang optimal dalam tubuh udang vaname (Wen *et al.*, 2015). Pada kondisi sekarang sangat diperlukan penelitian yang mengkaji lebih dalam tentang profil mineral kalsium dan magnesium pada media budidaya udang vaname. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek suplementasi HYPEROL yang mengandung vitamin D3 pada pakan terhadap penyerapan mineral kalsium dan magnesium pada media pemeliharaan udang vaname.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai November 2022. Pemeliharaan udang vaname dilakukan di Laboratorium Perikanan, Politeknik Negeri Lampung. Analisis kualitas air dilaksanakan di Laboratorium Perikanan dan Laboratorium Analisis Terpadu, Politeknik Negeri Lampung. Pembuatan pakan udang vaname dengan suplementasi

HYPEROL dilakukan di Laboratorium Polifeed, Politeknik Negeri Lampung. Desain Penelitian ini dilakukan melalui metode eksperimental. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan dan tiga ulangan. Tipe dan deskripsi perlakuan suplementasi HYPEROL pada pakan udang yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi perlakuan yang digunakan dalam penelitian

Kode	Perlakuan	Keterangan
K	0% suplementasi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3	Kontrol (Tanpa Suplementasi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3)
A	0,25% suplementasi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3	kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 diencerkan dengan air sebanyak 2,5 mL kg ⁻¹ pakan, kemudian pakan dikeringkan terlebih dahulu sebelum pemberian pakan.
B	0,5% suplementasi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3	kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 diencerkan dengan air sebanyak 5 mL kg ⁻¹ pakan, kemudian pakan dikeringkan terlebih dahulu sebelum pemberian pakan.
C	0,75% suplementasi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3	kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 diencerkan dengan air sebanyak 7,5 mL kg ⁻¹ pakan, kemudian pakan dikeringkan terlebih dahulu sebelum pemberian pakan.
D	1%suplementasi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3	kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 diencerkan dengan air sebanyak 10 mL kg ⁻¹ pakan, kemudian pakan dikeringkan terlebih dahulu sebelum pemberian pakan.

Prosedur Penelitian

Pemeliharaan udang vaname dilakukan dalam ruang tertutup (*indoor*) menggunakan 12 akuarium berukuran 40x 25x30 cm dengan pengisian volume air per akuarium mencapai 25 L. Media pemeliharaan air laut memiliki salinitas 15-25 mg/L. Udang vaname yang digunakan berumur 15 hari (PL 15) dengan bobot rata-rata 9,8 mg. Udang vaname diaklimatisasi terlebih selama 8 hari sebelum perlakuan. Setelah aklimatisasi, udang vaname disortir dan ditimbang beratnya agar seragam. Sedangkan padat tebar yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 100 ekor per akuarium dengan pertimbangan penggunaan padat tebar tinggi. Padat tebar ideal dalam pemeliharaan udang vaname sesuai anjuran Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) melalui Balai Besar Budidaya Air Payau (BPBAP) Situbondo tahun 2021 adalah 250-500 ekor per 1000 L. Jika wadah pemeliharaan memiliki volume 25 L maka padat tebar ideal adalah 13 ekor. Pemilihan padat tebar tinggi didasarkan pada kemampuan menyuplai kebutuhan oksigen terlarut ideal, monitoring pH, suhu, salinitas secara berkala dan manajemen ganti air berkala untuk mengeliminasi tumpukan sisa pakan dan feses udang vaname.

Pemeliharaan udang vaname dilakukan selama 60 hari. Pakan yang digunakan adalah pakan udang komersial dengan merk Feng Li yang diproduksi oleh PT. Matahari Sakti dengan kadar protein 40%, kadar lemak maksimal 2%, kadar abu maksimal 13%, kadar air maksimal 11% dan kestabilan di dalam air 90%. Kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 yang digunakan adalah suplemen komersial dengan merk dagang HYPEROL dari Intracare B.V., The Netherlands. Pemberian pakan pada udang vaname dilakukan secara restricted dengan frekuensi empat kali dalam sehari yaitu pada pukul 08.00, 12.00, 16.00, dan 20.00 WIB (BPBAP Situbondo, 2021). Pakan ditebar secara merata dan diberikan *Feeding Rate* (FR) sebanyak 5% dari total biomassa bobot tubuh udang vaname yang diujikan.

Parameter Penelitian

Parameter penelitian yang diamati dan diukur dalam penelitian ini adalah kinerja pertumbuhan udang vanamei dan kualitas air. Kinerja pertumbuhan yang diamati meliputi pertumbuhan harian bobot, pertumbuhan harian panjang dan sintasan. Sedangkan kualitas air yang diamati adalah pH, suhu, salinitas dan oksigen terlarut (DO) yang diukur setiap hari selama penelitian, serta amonia, kadar Ca air, dan Mg air yang diukur setiap 10 hari selama penelitian.

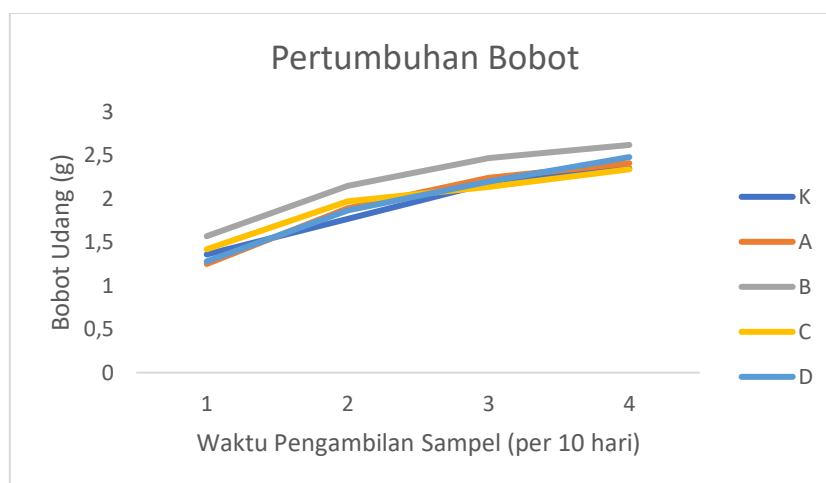
Analisis Statistik

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan program SPSS 26. Data dianalisis dengan analisis ragam pada selang kepercayaan 95% untuk menentukan apakah perlakuan memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja pertumbuhan. Apabila perlakuan tidak berpengaruh signifikan, maka dilakukan analisis secara deskriptif. Analisis deskriptif secara langsung juga digunakan untuk menjelaskan parameter kualitas air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Pertumbuhan

Berdasarkan Hasil pengamatan yang telah dilakukan terhadap rata-rata perolehan bobot akhir udang selama 40 hari pemeliharaan untuk semua perlakuan dapat terlihat pada Gambar 1 dan Tabel 2 dalam hasil dan pembahasan. Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa pertambahan bobot rata-rata udang tertinggi diperoleh pada perlakuan C (0,75 mL kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 Kg-1) sebesar $2,62 \pm 0,42$ g dengan pertumbuhan harian sebesar $0,06 \pm 0,01$ g.



Gambar 1. Grafik bobot udang selama 40 hari penelitian

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa suplementasi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 pada pakan udang vaname memberikan pengaruh yang berbeda nyata antar perlakuan dan kontrol ($P < 0,05$) terhadap penambahan bobot rata-rata udang vaname yang dipelihara dalam wadah terkontrol. Hasil pertumbuhan yang meningkat disebabkan karena kalsium dan vitamin D3 dalam suplementasi yang diberikan memiliki peran sinergis untuk memastikan keseimbangan kalsium yang optimal dalam tubuh udang vaname. Kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 terbukti mudah diabsorpsi dan memiliki pH netral sehingga dapat dipastikan vitamin D3 tetap stabil. Penelitian Wen *et al.*, (2015) juga menyebutkan bahwa penambahan vitamin D3 pada pakan dapat memberikan efek percepatan absorpsi kalsium sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan.

Tabel 2. Hasil parameter pertumbuhan udang vaname setelah 40 hari pemeliharaan

Parameter	Perlakuan (Treatment)				
	K (0 ml/kg)	A (2,5 ml/kg)	B (5 ml/kg)	C (7.5 ml/kg)	D (10 ml/kg)
Kepadatan <i>Stocking Density</i> (ind/m ²)	100	100	100	100	100
Lama Pemeliharaan <i>Rearing period</i> (days)	40	40	40	40	40
Bobot Awal <i>Initial weight</i> (g)	0,0098 ±0,00	0,0098 ±0,00	0,0098 ±0,00	0,0098 ±0,00	0,0098 ±0,00
Bobot Akhir <i>Final weight</i> (g)	2,35 ±0,21 ^d	2,41 ±0,58 ^d	2,62 ±0,42 ^c	2,34 ±0,31 ^b	2,48 ±0,22 ^a
Pertumbuhan Harian <i>Average Daily Growth</i> (g/d)	0,03 ±0,00 ^d	0,03 ±0,01 ^d	0,06 ±0,01 ^c	0,04 ±0,01 ^b	0,02 ±0,00 ^a
Sintasan <i>Survival Rate</i> (%)	60 ±6,03 ^c	70 ±4,16 ^{bc}	85 ±1,53 ^{ab}	75 ±6,43 ^a	80 ±2,52 ^a
Produksi <i>Production</i> (g)	141,5 ±13,06 ^c	168,7 ±56,53 ^c	222,7 ±30,78 ^b	175,5 ±68,58 ^b	198,4 ±21,77 ^a

Kelangsungan hidup udang yang diperoleh selama 40 hari pemeliharaan dalam wadah terkontrol disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, kelangsungan hidup udang yang tertinggi diperoleh pada perlakuan B sebesar 85±1,53% yang berbeda nyata dengan perlakuan lain yang lebih rendah. Sedangkan untuk bobot akhir per individu, nilai tertinggi juga pada perlakuan B yaitu 2,62±0,42 g. Uji analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan suplementasi

Hyperol memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kelangsungan hidup dan performa pertumbuhan udang vaname yang dipelihara. Hasil penelitian ini diperoleh informasi bahwa perlakuan kontrol memiliki kelangsungan hidup dan bobot akhir yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sedangkan perlakuan B memiliki nilai kelangsungan hidup dan bobot akhir yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini diduga pada perlakuan kontrol, kebutuhan nutrisi berupa kalsium dan magnesium belum tercukupi karena hanya mengandalkan ketersediaan alami dari air laut. Selain itu, diduga disebabkan oleh tidak tersedianya vitamin D3 tambahan pada pakan membuat penyerapan mineral kedalam usus udang vaname pada perlakuan kontrol menjadi terhambat. Kekurangan mineral kalsium, magnesium dan vitamin D3 inilah yang menyebabkan rendahnya nilai parameter pertumbuhan dan tingginya kanibalisme antar udang vaname yang menyebabkan rendahnya sintasan pada perlakuan kontrol. Pada perlakuan B mempunyai nilai sintasan dan performa pertumbuhan paling tinggi dikarenakan sudah mendapatkan asupan tambahan berupa kalsium, magnesium dan vitamin D3 dari suplementasi HYPEROL pada pakan udang. Penambahan kadar 5 ml/kg pakan merupakan nilai paling efektif dan efisien untuk meningkatkan performa pertumbuhan udang vaname dibandingkan pada perlakuan C dan D. Pada perlakuan C dan D memiliki nilai sintasan dan laju pertumbuhan lebih rendah dari perlakuan B diduga diakibatkan oleh terlalu tingginya kadar kalsium dalam air akan menyebabkan pertumbuhan terganggu. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Cheng *et al.*, 2005) jika kalsium memiliki kadar yang kurang atau berlebihan akan menghambat pertumbuhan udang.

Firdaus *et al.*, (2018) mengemukakan bahwa salah satu faktor yang menunjang laju pertumbuhan dan sintasan udang budidaya di tambak khususnya intensif adalah ketersediaan pakan yang sesuai dan mencukupi kebutuhan nutrisinya. Pemberian pakan yang tepat baik dari segi kualitas maupun kuantitas sangat mempengaruhi pertumbuhan dan mencegah kanibalisme udang yang pada akhirnya meningkatkan sintasan udang. Menurut Bai *et al.*, (2018), faktor – faktor yang mempengaruhi produksi adalah laju pertumbuhan, makanan, padat penebaran, dan merupakan hasil perkalian antara sintasan udang dengan bobot akhir rata- rata.

Kualitas Air

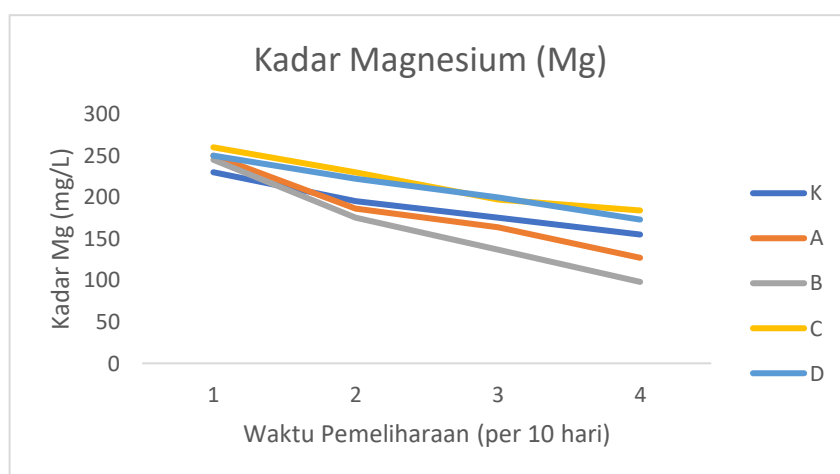
Kualitas air memegang peranan penting dalam mendukung kehidupan dan pertumbuhan udang vaname. Data kualitas air yang diperoleh dari hasil pengamatan terhadap beberapa peubah kualitas air yaitu suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, kalsium dan magnesium pada semua perlakuan selama penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Paramater kualitas air harian pemeliharaan udang vaname selama 40 hari

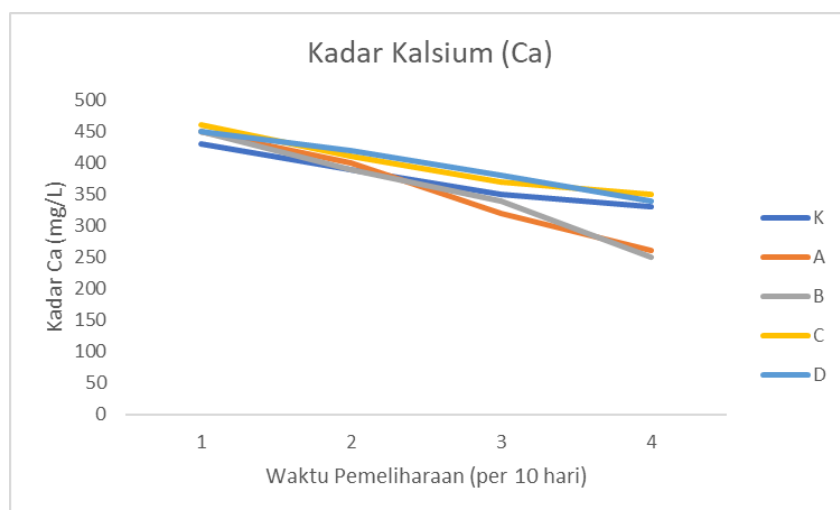
Parameter	Perlakuan (Treatment)				
	K (0 ml/kg)	A (2,5 ml/kg)	B (5 ml/kg)	C (7.5 ml/kg)	D 10 ml/kg
Suhu(°C)	28,64±0,21	28,49±0,58	28,53±0,42	28,61±0,31	28,40±0,22
pH	8,45±0,54	8,63±0,41	8,51±0,64	8,50±0,58	8,54±0,39
DO (ppm)	4,45±0,56	4,54±0,35	4,54±0,65	4,45±0,45	4,45±0,35
Salinitas (ppt)	28,86±2,12	28,86±2,12	28,86±2,12	28,86±2,12	28,86±2,12
Alkalinitas	87±19,24	100±13,06	102±7,44	116±5,85	115±12,87

Kualitas air selama pemeliharaan optimum dan sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan udang vaname. Pengaruh rendahnya kualitas air dalam media pemeliharaan udang vaname dapat

berpengaruh terhadap rendahnya tingkat pertumbuhan dan sintasan udang. Berdasarkan hasil pengamatan kualitas air yang dilakukan selama penelitian masih berada pada kisaran yang layak untuk kehidupan, pertumbuhan dan sintasan pada udang vaname. Kualitas air yang layak untuk budidaya udang vaname adalah salinitas optimum 10–25 ppt (toleransi 50 ppt), suhu air 28–31°C (toleransi 16–36°C), oksigen terlarut >4 mg L⁻¹ (toleransi minimum 0,8 mg L⁻¹), pH 7,5–8,2, alkalinitas 120–150 mg L⁻¹, amoniak <0,1 mg L⁻¹, Menurut BPBAP Situbondo (2021), suhu dan kadar oksigen terlarut optimum untuk budidaya udang vaname berkisar 27–32°C. Suhu air yang diperoleh selama penelitian rata-rata 28 mg L⁻¹. Suhu air mempunyai peranan penting dalam mengatur aktivitas udang seperti halnya hewan air lainnya. Saputra *et al.*, (2021) menambahkan bahwa suhu optimum untuk kehidupan dan pertumbuhan udang vaname antara 26-27°C. Beberapa peubah kualitas air lainnya diduga berpengaruh pada laju pertumbuhan udang yang dibudidayakan. Zao *et al.*, (2018) melaporkan bahwa salinitas optimum untuk pertumbuhan udang vaname adalah 15-25 ppt. Sedangkan Prabhu *et al.*, (2014) menerangkan bahwa pertumbuhan udang vaname pada salinitas 5-15 ppt lebih tinggi secara nyata dibanding pada salinitas 49 ppt. Menurut Gao *et al.*, (2015), udang vaname dapat hidup pada kisaran salinitas yang lebar dari 0,5–45 ppt.



Gambar 2. Grafik penurunan kadar magnesium selama 40 hari pemeliharaan



Gambar 3. Grafik penurunan kadar kalsium selama 40 hari pemeliharaan

Pada gambar 2 dan 3 di atas dapat dilihat bahwa laju penurunan kadar kalsium dan magnesium paling tinggi terjadi pada perlakuan B. Data ini mendukung bahwa performa pertumbuhan pada perlakuan B mempunyai nilai paling tinggi dibandingkan perlakuan lain. Penambahan HYPEROL dengan dosis 5 ml/ kg pakan mempunyai efektivitas paling tinggi dalam meningkatkan performa pertumbuhan udang vaname.

KESIMPULAN

Performa pertumbuhan udang vaname yang berupa data tingkat kelangsungan hidup dan bobot akhir udang pada perlakuan suplementasi HYPEROL paling tinggi terdapat pada perlakuan B yaitu kadar suplementasi HYPEROL sebesar 0,5%. Hal ini diperkuat dengan data laju penurunan kadar kalsium dan magnesium pada air media pemeliharaan tertinggi pada perlakuan B. Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi HYPEROL pada konsentrasi 5 mL Kg-1 secara signifikan dapat meningkatkan penyerapan kalsium dan magnesium alami pada air laut untuk menunjang performa pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup udang vaname.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada PT. Behn Meyer Chemicals yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat melakukan dan berpartisipasi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajibade DV, Dhawan P, Fechner AJ, Meyer MB, Pike JW, Christakos S. (2010). Evidence for a role of prolactin in calcium homeostasis: regulation of intestinal transient receptor potential vanilloid type 6, intestinal calcium absorption, and the 25-hydroxyvitamin D(3) alpha hydroxylase gene by prolactin. *Endocrinology*.2010;151:2974–2984.
- Bai, N., Zhang, W., Li, X., Chen, J., Wang, A., & Chen, L. (2016). Effects of dietary copper on growth, digestive enzyme activities and antioxidant defense in juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 22(4), 868-875.
- Bai, Y., Zhang, Q., Li, E., Li, S., Li, Y., & Wang, S. (2018). Effects of stocking density on growth, survival, and stress resistance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at different growth stages. *Aquaculture*, 487, 80-85.
- BBAP Situbondo, 2006. *Juknis Udang Vaname*. Seksi Standarisasi dan Informasi BBAP Situbondo. 51 hal.
- Cheng, K. M., Hu, C. Q., Liu, Y. N., Zheng, S. X., & Qi, X. J. (2005). Dietary magnesium requirement and physiological responses of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water. *Aquaculture Nutrition*, 11(5), 385–393. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2005.00364.x>
- Firdaus, M., Nur, B., & Amin, M. R. (2018). Effect of different protein levels on growth and survival rate of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in intensive culture system. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 13(2), 112-117.
- Gao, Y., Li, X., Chen, Y., & Li, E. (2015). Effects of dietary vitamin D3 on growth, digestive enzyme activity, and immune responses of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 435, 256-262.
- Lin, K. J., Wang, W. N., Cheng, W., & Chen, J. C. (2019). Effects of dietary vitamin D3 on growth, feed utilization, and immunity of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared under different salinity conditions. *Aquaculture*, 512, 734335.

- Prabhu A.J, J.W. Schrama, S.J. Kaushik. 2014. Mineral requirements of fish: a systematic review *Rev. Aquac.*, 6., pp. 1-48.
- Saputra, H. K., Hamka, M.S., Susanti, L., Mulyani, R., Dwiarto, A., Alam, H.S. 2021. Aplikasi Teknologi Aerasi dan Bioekonomi pada Transportasi Benur Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* Jarak Pendek dengan Kepadatan Berbeda. *Jurnal Sains Terapan*.11 (1):9-19.<https://doi.org/10.29244/jstsv.11.1.9-19>
- Wen, M., Liu, J., Tian, L., Wang, S. 2015. Vitamin D3 requirement in practical diet of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* at low salinity rearing conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*, 46(5).
- Zhao, L., Li, X., Xu, W., & Li, E. (2018). Effects of salinity on growth, survival and body composition of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 49(1), 198-207.