

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>

EVALUASI PERTUMBUHAN UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) YANG DIBERI PAKAN DENGAN SUPLEMENTASI KOMBINASI KALSIMUM, MAGNESIUM, DAN VITAMIN D3

Nurul Fatimah^{*)}, Aldi Huda Verdian^{**)#}, Adni Oktaviana^{**)}, Linuwih Aluh Prastiti^{**)·} Rio Yusufi Subhan^{*)}, Agung Kurniawan^{*)}, Arif Faisal Siburian^{***)}

^{*)}Program Studi Teknologi Pembenihan Ikan, Politeknik Negeri Lampung, Lampung

^{**)}Program Studi Budidaya Perikanan, Politeknik Negeri Lampung, Lampung

^{***)}PT. Behn Meyer Chemical, Jakarta

(Naskah diterima: 31 Oktober 2022; Revisi final: 07 Agustus 2023; Disetujui publikasi: 07 Agustus 2023)

ABSTRAK

Kalsium, magnesium dan vitamin D3 adalah komponen yang penting untuk pertumbuhan udang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup dan kualitas air media pemeliharaan udang *Litopenaeus vannamei* setelah pemberian pakan dengan suplementasi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 pada dosis yang berbeda. Udang diberi pakan dengan perlakuan yang berbeda yaitu kontrol (tanpa suplementasi HYPEROL yang berisi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3) dan empat tingkat suplementasi kombinasi HYPEROL yaitu 2,5 mL kg⁻¹; 5 mL kg⁻¹; 7,5 mL kg⁻¹; 10 mL kg⁻¹ pakan. Selama penelitian udang dipelihara dalam akuarium dengan ukuran 40x25x30 cm³ yang berisi 25 L air laut yang didesinfeksi pada kepadatan tebar 100 larva m⁻². Penelitian ini menunjukkan bahwa suplementasi kombinasi kalsium, magnesium dan vitamin D3 pada konsentrasi hingga 10 mL kg⁻¹ secara signifikan dapat meningkatkan pertumbuhan udang vaname. Kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 yang terkandung dalam HYPEROL memiliki peran sinergis untuk memastikan keseimbangan kalsium yang optimal, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan udang vaname.

KATA KUNCI: kalsium; *Litopenaeus vannamei*; magnesium; performa pertumbuhan; vitamin D3

ABSTRACT: *Evaluation of Pacific Whiteleg Shrimp (Litopenaeus vannamei) Growth Performance Administered with Feed with Supplementation of Combination of Calcium, Magnesium, and Vitamin D3*

Calcium, magnesium, and vitamin D3 are vital feed components to support shrimp growth. This study aimed to evaluate the growth performance, survival rate, and water quality culture of Pacific whiteleg shrimp Litopenaeus vannamei fed with dietary supplementation of a combination of calcium, magnesium and vitamin D3 with different dosages. The treatments in this study consisted of shrimp fed with a control diet (without supplementation of HYPEROL containing a combination of calcium, magnesium and vitamin D3) and four levels

#Korespondensi: Program Studi Budidaya Perikanan, Politeknik Negeri Lampung, Lampung
Email: aldihudaverdian@polinela.ac.id

of HYPEROL supplementation, i.e., 0; 2,5 mL kg⁻¹; 5 mL kg⁻¹; 7,5 mL kg⁻¹; 10 mL kg⁻¹. Larvae were reared in the tank with a dimension of 40x25x30 cm³ containing 25 L of disinfected seawater at a stocking density of 100 larvae m⁻². The present study demonstrated that dietary supplementation of HYPEROL concentrations up to 10 mL kg⁻¹ could significantly improve the growth of Pacific whiteleg shrimp. Combination of calcium, magnesium, and vitamin D3 contained in HYPEROL has an important role in ensuring calcium balance, which affects to the growth of Pacific whiteleg shrimp.

KEYWORDS: calcium; *Litopenaeus vannamei*; magnesium; growth performance; vitamin D3

PENDAHULUAN

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan komoditas unggulan karena menjadi komoditas perikanan terbesar dalam perdagangan internasional (FAO, 2022). Produksi udang vaname harus selalu ditingkatkan untuk memenuhi permintaan dunia terhadap udang vaname yang terus meningkat akibat dari meningkatnya populasi manusia dunia. Salah satu usaha dalam peningkatan produksi udang vaname dilakukan melalui budidaya udang vaname secara super intensif dengan melakukan pemberian pakan yang efektif dan efisien. Pemberian pakan yang berkualitas merupakan faktor terpenting yang menentukan keberhasilan budidaya udang vaname.

Mineral adalah komponen esensial yang penting pada udang untuk mempertahankan tekanan osmotik, menyeimbangkan pH darah, hemolim, urin, dan cairan tubuh udang. Salah satu mineral tersebut adalah magnesium (Galkanda-Arachchige *et al.*, 2021) survival, haemolymph osmolality, cationic composition in haemolymph, carapace and whole body of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. A low-cost salt mixture (LCSM. Magnesium berperan sebagai kofaktor kerja enzim dalam metabolisme karbohidrat, protein, dan lipid. Magnesium menjadi komponen esensial dalam menjaga homeostasis intra dan ekstra seluler. Reseptor 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 (Dai *et al.*, 2022). Vitamin D3 juga dapat meningkatkan *antimicrobial peptide* yang diproduksi sebagai salah satu sistem imun nonspesifik pada udang vaname yang terbukti mampu membunuh patogen. Di sisi lain, vitamin D3 memiliki peran penting untuk menjaga keseimbangan kalsium dengan mempromosikan absorpsi kalsium dalam usus.

Pertumbuhan udang vaname terdiri dari serangkaian proses *moulting* secara periodik, khususnya pada tahap *post-moult* untuk proses pengerasan kulit melalui pengendapan kalsium pada kulit udang. Ketersediaan kalsium yang optimal dalam tubuh udang harus selalu terpenuhi, jika keberadaan kalsium tidak mencukupi maka proses pengerasan kulit udang yang baru akan berjalan lambat yang mana akan berpengaruh terhadap pertumbuhan udang atau bahkan udang yang kulit barunya belum sempurna akan mudah diserang oleh udang lain. Muliani *et al.*, (2021) menyatakan bahwa kalsium sangat berperan dalam pembentukan kulit udang yang baru. Kalsium yang memadai akan membuat proses *moulting* udang berjalan cepat dan lancar. Kalsium juga membantu mekanisme absorpsi vitamin B12 dari saluran pencernaan dan absorpsi vitamin pada membran sel. Kalsium membantu menyalurkan rangsangan-rangsangan syaraf dari satu sel ke sel lainnya dengan cara mengatur pembentukan asetilkolin, salah satu jenis neurotransmitter (zat kimia penghantar rangsangan syaraf).

Saat ini, belum ada penelitian pada udang yang mengevaluasi suplementasi kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 pada pakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek suplementasi kombinasi

kalsium, magnesium, dan vitamin D3 dengan dosis yang berbeda pada pakan terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname.

BAHAN DAN METODE

Pemeliharaan udang vaname dilakukan di Laboratorium Perikanan, Politeknik Negeri Lampung. Analisis kualitas air dilaksanakan di Laboratorium Perikanan dan Laboratorium Analisis, Politeknik Negeri Lampung. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni sampai Oktober 2022 dengan metode eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan dan tiga ulangan. Empat perlakuan tersebut adalah perlakuan kontrol (tanpa suplementasi kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3); perlakuan A (kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 yang diencerkan dengan air sebanyak 2,5 mL kg⁻¹ pakan); perlakuan B (kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 diencerkan dengan air sebanyak 5 mL kg⁻¹ pakan); perlakuan C (kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 diencerkan dengan air sebanyak 7,5 mL kg⁻¹ pakan) serta perlakuan D (kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 diencerkan dengan air sebanyak 10 mL kg⁻¹ pakan).

Prosedur Penelitian

Pemeliharaan udang vaname dilakukan secara *semi-indoor* menggunakan 12 wadah berupa akuarium berukuran 40x25x30 cm³ dengan volume air yang digunakan 25 L yang diberi penambahan aerasi pada media pemeliharaan dan salinitas air laut yang digunakan 15-25 ppt. Udang vaname yang digunakan yaitu udang stadia PL-15 dengan bobot rata-rata 0,0098 ± 0,00 g. Udang vaname diaklimatisasi terlebih dahulu selama 8 hari sebelum perlakuan. Setelah aklimatisasi, udang vaname disortir dan ditimbang agar bobotnya seragam. Padat tebar yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 100 ekor m⁻² tiap wadah pemeliharaan. Pemeliharaan udang vaname dilaksanakan selama 100 hari. Pakan yang digunakan merupakan pakan

udang komersial dengan kadar protein 40%. Kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 yang digunakan adalah suplemen komersial HYPEROL dari Intracare B.V., The Netherlands, dengan kandungan kalsium sebanyak 34.000 mg kg⁻¹, magnesium sebanyak 2.500 mg kg⁻¹, dan vitamin D3 sebanyak 2.000.000 IU kg⁻¹. Pemberian pakan pada udang vaname dilakukan secara *at restricted* dengan frekuensi empat kali sehari yaitu pada pukul 08.00, 11.00, 14.00, dan 19.00 WIB. Pakan ditebar secara merata dan diberikan sebanyak 5% dari bobot udang vaname. Pergantian air dilakukan sebanyak 20% dari total volume air setiap 3 hari sekali.

Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dan diukur dalam penelitian ini adalah kinerja pertumbuhan dan kualitas air. Kinerja pertumbuhan yang diamati meliputi bobot akhir, pertumbuhan harian, kelangsungan hidup, produksi, dan rasio konversi pakan. Parameter kualitas air yang diamati meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, dan salinitas yang diukur setiap hari selama penelitian.

Analisis Data

Data ditabulasi menggunakan Microsoft Excel dan dianalisis dengan menggunakan program SPSS 26. Data dianalisis ragam pada selang kepercayaan 95% untuk menentukan pengaruh perlakuan terhadap kinerja pertumbuhan. Apabila perlakuan berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan untuk menentukan perlakuan yang terbaik. Apabila perlakuan tidak berpengaruh nyata, maka dilakukan analisis deskriptif. Analisis deskriptif juga digunakan untuk menjelaskan parameter kualitas air.

HASIL DAN BAHASAN

Kinerja Pertumbuhan

Rata-rata bobot akhir udang selama 100 hari pemeliharaan dengan kondisi laboratorium bervariasi dari waktu ke waktu seiring dengan

meningkatnya waktu pemeliharaan untuk semua perlakuan. Kinerja pertumbuhan udang vaname setelah pemberian pakan dengan suplementasi kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa

pertambahan bobot rata-rata udang tertinggi diperoleh pada perlakuan D (kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 sebanyak 10 mL kg⁻¹ pakan) sebesar 13,06 ± 0,22g dengan pertumbuhan harian sebesar 0,131 ± 0,00 g. Hasil analisis ragam menunjukkan

Tabel 1. Parameter pertumbuhan udang vaname setelah 100 hari pemeliharaan dan pemberian pakan dengan suplementasi kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 pada dosis yang berbeda

Table 1. The growth parameters of Pacific whiteleg shrimp fed with feed containing different combinations and dosages of calcium, magnesium, and vitamin D3 after 100 days of rearing

Parameter Parameters	Perlakuan (Treatment)				
	K (0 mL kg ⁻¹)	A (2,5 mL kg ⁻¹)	B (5 mL kg ⁻¹)	C (7,5 mL kg ⁻¹)	D (10 mL kg ⁻¹)
Kepadatan (ekor m ⁻²) Stocking density (ind m ⁻²)	100	100	100	100	100
Lama Pemeliharaan (hari) Rearing period (days)	100	100	100	100	100
Bobot awal (g) Initial weight (g)	0,0098 ± 0,00	0,0098 ± 0,00	0,0098 ± 0,00	0,0098 ± 0,00	0,0098 ± 0,00
Bobot akhir (g) Final weight (g)	7,75 ± 0,22 ^d	8,75 ± 0,38 ^d	9,95 ± 0,28 ^c	11,25 ± 0,21 ^b	13,06 ± 0,22 ^a
Pertumbuhan harian (g hari ⁻¹) Daily growth (g days ⁻¹)	0,08 ± 0,00 ^d	0,09 ± 0,01 ^d	0,10 ± 0,01 ^c	0,11 ± 0,01 ^b	0,13 ± 0,00 ^a
Kelangsungan hidup (%) Survival rate (%)	66,67 ± 15,28 ^a	71,67 ± 7,64 ^a	75,00 ± 8,66 ^a	76,67 ± 12,58 ^a	75,00 ± 5,00 ^a
Produksi (g m ⁻²) Production (g m ⁻²)	413,33 ± 94,71 ^c	501,67 ± 53,46 ^{bc}	610,27 ± 45,96 ^{abc}	690,00 ± 113,25 ^{ab}	783,60 ± 52,60 ^a
Rasio konversi pakan Food conversion ratio (%)	1,75 ± 0,09 ^a	1,77 ± 0,12 ^a	1,73 ± 0,04 ^a	1,75 ± 0,21 ^a	1,78 ± 0,19 ^a

Keterangan: Huruf cetak atas berbeda dalam baris yang sama (nilai rata-rata ± standard error) menunjukkan perbedaan signifikan (P<0,05).

Note: Different superscript letters in the same row (mean ± standard error) indicate a significant difference (P<0.05).

bahwa perbedaan dosis suplementasi kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 pada pakan udang vaname memberikan pengaruh yang berbeda nyata antarperlakuan dan kontrol ($P < 0,05$) terhadap penambahan bobot rata-rata udang vaname yang dipelihara dalam wadah terkontrol. Berdasarkan hasil pada produksi udang yang tertinggi diperoleh pada perlakuan D sebesar $783,60 \pm 52,60 \text{ g m}^{-2}$ dan terendah pada perlakuan K sebesar $413,33 \pm 94,71 \text{ g m}^{-2}$. Uji analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan suplementasi HYPEROL memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap produksi udang vaname yang dipelihara. Verdian *et al.*, (2020) menyatakan bahwa faktor-faktor yang memengaruhi produksi adalah laju pertumbuhan, makanan, padat penebaran, dan merupakan hasil perkalian antara kelangsungan hidup udang dengan bobot akhir rata-rata.

Pertumbuhan yang meningkat dengan meningkatnya dosis suplementasi kombinasi dari kalsium, magnesium, dan vitamin D3 diduga disebabkan karena kalsium dan vitamin D3 dalam suplementasi yang diberikan memiliki peran sinergis untuk memastikan keseimbangan kalsium yang optimal dalam tubuh udang vaname. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan pada ikan kerapu *Epinephelus coioides* (Lin *et al.*, 2022) feed utilization, enzymatic activity in lipid metabolism and mRNA expression for juvenile Orange-spotted grouper *Epinephelus coioides* (initial weight: $7.40 \pm 0.03 \text{ g}$, bahwa dengan suplementasi vitamin D terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan ikan. Dilaporkan juga bahwa produk metabolisme dari vitamin D3 dapat meningkatkan perkembangan otot pada unggas (Hutton *et al.*, 2014) dan babi (Hines *et al.*, 2013) dengan meningkatkan serat otot dan jumlah myoblas.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan kalsium, magnesium, dan vitamin D3 diduga karena HYPEROL mudah diabsorpsi dan memiliki pH netral sehingga dapat dipastikan vitamin D3 tetap stabil. Sejalan dengan Dai *et al.*,

(2022) menyebutkan bahwa suplementasi vitamin D3 memberikan efek positif pada pertumbuhan udang vaname. Truong *et al.*, (2022) menambahkan bahwa udang membutuhkan berbagai mineral untuk tumbuh optimal. Penelitian Wen *et al.*, (2015) juga menyebutkan bahwa penambahan D3 dengan dosis 6.366 IU kg^{-1} pakan dapat memberikan efek percepatan absorpsi kalsium sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan. Di sisi lain, peningkatan pertumbuhan udang vaname pada perlakuan selaras dengan Supono *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa penambahan mineral kalsium pada budidaya udang vaname berpengaruh terhadap pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup, maupun rasio konversi pakan udang vaname, dimana kalsium diabsorpsi melalui mekanisme ketidakjenuhan (*non saturable mechanism*) yang tergantung pada vitamin D dan ditandai oleh suatu transfer yang bersifat difusi. Selain itu, Roshaliza & Suwartiningsih, (2020) menyatakan bahwa penambahan kalsium dapat mempercepat proses mineralisasi dimana mineral disimpan dalam jaringan tubuh sehingga membuat udang tumbuh. Selain itu, magnesium juga berperan penting dalam mendukung pertumbuhan udang vaname. Hal ini karena magnesium berperan dalam menjaga keseimbangan ion di dalam tubuh udang vaname, sehingga dapat menjaga fungsi organ dan sistem tubuh yang optimal. Hal ini diperkuat oleh Galkanda-Arachchige *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa magnesium adalah salah satu kation kunci dalam hemolim udang vaname.

Kelangsungan hidup udang yang diperoleh selama 100 hari pemeliharaan dalam wadah terkontrol disajikan pada Tabel 1. Uji analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan suplementasi HYPEROL tidak memberikan pengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap kelangsungan udang vaname yang dipelihara, sehingga dapat diketahui bahwa suplementasi HYPEROL pada pakan aman untuk udang vaname. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kanibalisme udang vaname yang dipelihara

tidak muncul, karena kecukupan nutrisi dan adanya suplementasi mineral, kalsium, dan vitamin D3 pada pakan yang diberikan. Ulhaq *et al.*, (2022) mengemukakan bahwa salah satu faktor yang menunjang laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup budidaya udang intensif adalah ketersediaan pakan yang sesuai dan mencukupi kebutuhan nutrisinya. Zainuddin *et al.*, (2019) mengemukakan bahwa pemberian pakan yang tepat baik dari segi kualitas maupun kuantitas memengaruhi pertumbuhan dan mencegah kanibalisme udang yang pada akhirnya meningkatkan kelangsungan hidup udang.

Kualitas Air

Kualitas air mempunyai peranan penting sebagai pendukung kehidupan dan pertumbuhan udang vaname. Hasil pengamatan terhadap beberapa peubah kualitas air yang meliputi suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, dan alkalinitas pada semua perlakuan selama penelitian disajikan pada Tabel 2.

Kualitas air selama penelitian masih berada pada kisaran yang layak bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup 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, dan amoniak <0,1 mg L⁻¹ (Maicá *et al.*, 2014); (Verdian *et al.*, 2020). Suhu air yang diperoleh selama penelitian rata-rata 28°C. Suhu air mempunyai peranan penting dalam mengatur aktivitas udang seperti halnya hewan air lainnya. Beberapa peubah kualitas air lainnya diduga berpengaruh pada laju pertumbuhan udang yang dibudidayakan. Salinitas optimum untuk pertumbuhan udang vaname adalah 15-25 ppt. Pertumbuhan udang vaname pada salinitas 5-15 ppt lebih tinggi secara nyata dibanding pada salinitas 49 ppt. Menurut Maicá *et al.*, (2014), udang vaname dapat hidup pada kisaran salinitas yang besar dari 4–32 ppt.

Tabel 2. Rata-rata parameter kualitas air pemeliharaan udang vaname yang diberi pakan dengan suplementasi kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 pada dosis yang berbeda

Table 2. The average of water quality parameters of the rearing media of Pacific whiteleg shrimp given different combinations and dosages of calcium, magnesium, and vitamin D3

Parameter Parameters	Perlakuan (Treatment)				
	K (0 mL kg ⁻¹)	A (2,5 mL kg ⁻¹)	B (5 mL kg ⁻¹)	C (7.5 mL kg ⁻¹)	D (10 mL kg ⁻¹)
Suhu (°C) Temperature (°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
Oksigen terlarut (ppm) Dissolved oxygen (ppm)	4,45 ± 0,56	4,54 ± 0,35	4,54 ± 0,65	4,45 ± 0,45	4,45 ± 0,35
Salinitas (ppt) Salinity (ppt)	28,86 ± 2,12	28,86 ± 2,12	28,86 ± 2,12	28,86 ± 2,12	28,86 ± 2,12
Alkalinitas (ppm) Alkalinity (ppm)	87 ± 19,24	100 ± 13,06	102 ± 7,44	116 ± 5,85	115 ± 12,87

KESIMPULAN

Suplementasi kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 pada pakan dapat meningkatkan pertumbuhan udang vaname seiring dengan bertambahnya dosis suplementasi. Kombinasi kalsium, magnesium, dan vitamin D3 pada pakan juga meningkatkan kelangsungan hidup udang vaname, tetapi peningkatan dosis suplementasi tidak berpengaruh nyata terhadap kelangsungan hidup udang vaname.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Behn Meyer Chemicals yang telah memberikan kesempatan untuk dapat melakukan penelitian ini. Tim penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Tim Peneliti (Dosen, PLP Laboratorium Perikanan, dan Mahasiswa) Politeknik Negeri Lampung, yang telah membantu selama masa pemeliharaan udang dan analisis sampel penelitian.

DAFTAR ACUAN

- Dai, T., Jiao, L., Tao, X., Lu, J., Jin, M., Sun, P., & Zhou, Q. (2022). Effects of dietary vitamin D3 supplementation on the growth performance, tissue Ca and P concentrations, antioxidant capacity, immune response and lipid metabolism in *Litopenaeus vannamei* larvae. *British Journal of Nutrition*, 128(5), 793-801. doi:10.1017/S0007114521004931
- FAO. (2022). GLOBEFISH Highlights – International markets for fisheries and aquaculture products. In GLOBEFISH Highlights – International markets for fisheries and aquaculture products. <https://doi.org/10.4060/cc4963en>
- Galkanda-Arachchige, H. S. C., Roy, L. A., & Davis, D. A. (2021). The effects of magnesium concentration in low-salinity water on growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Research*, 52(2), 589–597. <https://doi.org/10.1111/are.14916>
- Hines, E. A., Coffey, J. D., Starkey, C. W., Chung, T. K., & Starkey, J. D. (2013). Improvement of maternal vitamin D status with 25-hydroxycholecalciferol positively impacts porcine fetal skeletal muscle development and myoblast activity. *Journal of Animal Science*, 91(9), 4116–4122. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6565>
- Hutton, K. C., Vaughn, M. A., Litta, G., Turner, B. J., & Starkey, J. D. (2014). Effect of vitamin D status improvement with 25-hydroxycholecalciferol on skeletal muscle growth characteristics and satellite cell activity in broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 92(8), 3291–3299. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7193>
- Lin, H., Ding, M., Ray, G. W., Tan, B., & Yang, Q. (2022). Vitamin D promotes growth, feed utilization and gene expression related to lipid metabolism for juvenile orange-spotted grouper *Epinephelus coioides*. *Aquaculture Reports*, 23(February), 101074. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101074>
- Maicá, P. F., de Borba, M. R., Martins, T. G., & Wasielesky, W. (2014). Effect of salinity on performance and body composition of Pacific white shrimp juveniles reared in a super-intensive system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(7), 343–350. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000700001>
- Muliani, M., Adhar, S., Rusydi, R., Erlangga, E., Hartami, P., Khalil, M., & Laili, D. (2021). Penggunaan sumber kalsium dari cangkang tiram, kepiting dan remis terhadap moulting dan pertumbuhan udang vaname, *Litopenaeus vannamei*. *Jurnal Riset Akuakultur*, 16(3), 185. <https://doi.org/10.15578/jra.16.3.2021.185-193>
- Roshaliza, E. J., & Suwartiningsih, N. (2020). Pengaruh penambahan kapur (CaCO₃) pada media pemeliharaan terhadap pertumbuhan udang galah *Macrobrachium*

- rosenbergii de Man, 1879. *Bioma : Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(1), 129–142. <https://doi.org/10.26877/bioma.v9i1.6039>
- Supono, S., Puspitasari, D., & Sarida, M. (2022). Pengaruh penambahan kalsium pada media kultur salinitas rendah terhadap performa udang vaname *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Tropical Marine Science*, 5(2), 90–97. <https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v5i2.3214>
- Truong, H. H., Hines, B. M., Emerenciano, M. G., Blyth, D., Berry, S., Noble, T. H., Bourne, N. A., Wade, N., Rombenso, A. N., & Simon, C. J. (2022). Mineral nutrition in penaeid shrimp. *Reviews in Aquaculture*, December, 1–19. <https://doi.org/10.1111/raq.12780>
- Ulhaq, I., Pham, N. T. A., Le, V., Pham, H. C., & Le, T. C. (2022). Factors influencing intention to adopt ICT among intensive shrimp farmers. *Aquaculture*, 547(April 2021). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737407>
- Verdian, A. H., Effendi, I., Budidardi, T., & Diatin, I. (2020). Production performance improvement of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture with integrated multi trophic aquaculture system in Seribu Islands, Jakarta, Indonesia. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(3), 1415–1427. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2019.120676>
- Wen, M., Liu, Y. J., Tian, L. X., & 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), 531–538. <https://doi.org/10.1111/jwas.12209>
- Zainuddin, Z., Aslamyah, S., Nur, K., & Hadijah. (2019). The effect of dosage combination and feeding frequency on growth and survival rate of vannamei shrimp juveniles in ponds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 370(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/370/1/012033>