

Respons Pertumbuhan, Moulting, dan Kelulushidupan Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) terhadap Dosis Vitamin C Berbeda pada Pakan Berbasis *Pila ampullacea*

Veronika Yulistiani¹, Yulianus Linggi¹, Agnette Tjendanawangi¹

¹ Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Peternakan Kelautan dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana.

Email korespondensi: veronikayulistiani2@gmail.com

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respons pertumbuhan, frekuensi moulting, dan kelulushidupan kepiting bakau (*Scylla serrata*) yang diberi pakan berbasis keong sawah (*Pila ampullacea*) dengan dosis vitamin C berbeda. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dosis vitamin C, yaitu 12 mg/100 g pakan (A), 24 mg/100 g pakan (B), dan 36 mg/100 g pakan (C), masing-masing dengan lima ulangan. Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan berat mutlak, survival rate (SR), frekuensi moulting, serta kualitas air. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan terdapat pengaruh nyata ($P < 0,05$) dosis vitamin C terhadap pertumbuhan, moulting, dan kelulushidupan kepiting bakau. Perlakuan C menghasilkan pertumbuhan rata-rata tertinggi sebesar 48,2 g, frekuensi moulting terbanyak (3 ekor), serta tingkat kelulushidupan 100%. Peningkatan performa biologis pada perlakuan C menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C mampu meningkatkan efisiensi metabolisme, mendukung pembentukan eksoskeleton, serta meningkatkan respons imun kepiting bakau. Parameter kualitas air selama pemeliharaan masih berada dalam kisaran optimal untuk budidaya kepiting bakau. Dengan demikian, suplementasi vitamin C sebesar 36 mg/100 g pakan berbasis *Pila ampullacea* direkomendasikan sebagai dosis optimal dalam meningkatkan performa budidaya kepiting bakau.

Kata kunci: vitamin C, *Scylla serrata*, moulting, pertumbuhan, kelulushidupan

Pendahuluan

Kepiting bakau (*Scylla serrata*) merupakan komoditas perikanan bernilai ekonomis tinggi dan memiliki permintaan pasar yang terus meningkat baik di dalam maupun luar negeri. Indonesia termasuk salah satu produsen utama dengan sentra produksi di Sumatera Utara, Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, Jawa Timur, serta beberapa wilayah di Indonesia Timur seperti Nusa Tenggara Timur yang mulai berkembang sejak tahun 1991 (Keenan & Blackshaw, 1998). Kondisi ini menunjukkan bahwa pengembangan budidaya kepiting bakau berpotensi mendukung peningkatan ekonomi wilayah pesisir.

Dalam kegiatan budidaya, ketersediaan pakan merupakan faktor penting yang menentukan efisiensi produksi. Pakan menyumbang sekitar 60–70% dari total biaya operasional, sehingga diperlukan alternatif pakan berkualitas yang mudah diperoleh dan lebih ekonomis (Hastuti, 2011). Salah satu sumber pakan potensial adalah pakan alami, karena memiliki nutrisi yang lebih mudah dicerna, harga terjangkau, dan tersedia secara lokal. Keong sawah (*Pila ampullacea*) merupakan salah satu bahan pakan alami yang melimpah di alam dan memiliki daya adaptasi tinggi, sehingga relatif mudah diperoleh (Marwoto, 1997). Secara nutrisi, *P. ampullacea* mengandung protein 51,8%, lemak 13,61%, dan karbohidrat 4,07%, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan pakan bagi kepiting bakau (Sadinar et al., 2012).

Namun, penggunaan satu jenis bahan pakan segar sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan mikronutrien penting seperti vitamin. Salah satu vitamin esensial untuk krustasea adalah vitamin C, yang berfungsi mendukung metabolisme, meningkatkan respons imun, serta membantu pembentukan kolagen pada proses moulting (Suwiry et al., 2003). Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat, deformitas rangka, penurunan daya tahan tubuh, hingga kematian (Havler, 1988). Temuan terbaru juga menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C dalam pakan dapat meningkatkan performa pertumbuhan, frekuensi moulting, dan tingkat kelulushidupan pada krustasea air payau (Rahman et al., 2022).

Berdasarkan potensi keong sawah sebagai bahan pakan lokal dan peran penting vitamin C dalam mendukung pertumbuhan dan kesehatan kepiting, maka penelitian mengenai penggunaan keong sawah dengan penambahan vitamin C dalam dosis berbeda sebagai pakan alternatif perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh suplementasi vitamin C pada pakan berbasis *Pila ampullacea* terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan *Scylla serrata* sebagai upaya mendukung pengembangan pakan lokal yang efektif, ekonomis, dan berkelanjutan pada kegiatan budidaya kepiting bakau.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan selama satu bulan, yaitu pada tanggal 21 September hingga 21 Oktober 2024, bertempat di CV Elitism NTT, Kelurahan Oesapa Barat, Kecamatan Kelapa Lima, Kota Kupang. Penelitian menggunakan alat berupa jerigen 5 liter sebagai media budidaya, botol Aqua sebagai pelampung, timbangan untuk mengukur berat kepiting, termometer untuk mengukur suhu air, kamera untuk dokumentasi, alat tulis untuk pencatatan, serta refraktometer untuk mengukur salinitas air. Bahan yang digunakan meliputi kepiting bakau (*Scylla serrata*) sebagai biota uji, keong sawah sebagai pakan, dan vitamin C sebagai bahan tambahan pakan.

Prosedur penelitian dimulai dengan persiapan wadah berupa 15 jerigen yang dibersihkan kemudian dilubangi pada bagian atas dan samping untuk sirkulasi udara dan pengikat pada bambu. Bagian perut jerigen dipotong untuk mempermudah proses pemasukan dan pengeluaran kepiting. Jerigen yang telah disiapkan kemudian dirakit pada dua ruas bambu, dan setiap ujung bambu diberi botol Aqua sebagai pelampung agar wadah tetap stabil di permukaan air.

Biota uji berupa kepiting bakau diperoleh dari CV Elitism NTT dengan bobot 70–100 gram dan panjang karapas 4–6 cm sebanyak 15 ekor. Setiap jerigen diisi satu ekor kepiting, kemudian seluruh wadah ditempatkan pada area tambak dengan substrat berlumpur dan kondisi tergenang. Lokasi pemeliharaan terlebih dahulu diukur kualitas airnya, meliputi DO, salinitas, pH, dan suhu, untuk memastikan kesesuaian lingkungan bagi budidaya kepiting bakau.

Pakan keong sawah disiapkan dengan memecahkan cangkang, mengambil dagingnya, mencuci bersih, lalu mencincangnya. Daging keong kemudian dicampur dengan vitamin C yang telah dilarutkan dalam air menggunakan boster Progol sebagai bahan perekat. Campuran tersebut diaduk hingga merata dan diberikan kepada kepiting sesuai dosis perlakuan.

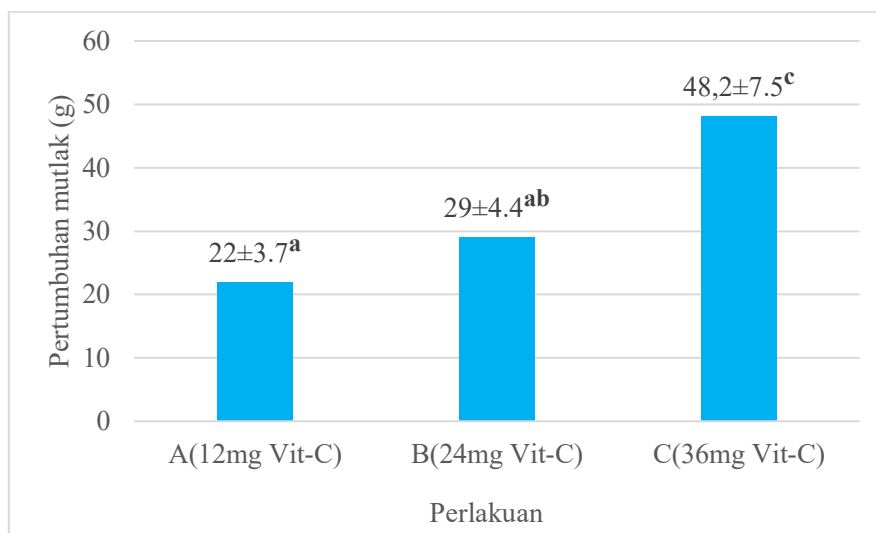
Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan lima ulangan, sehingga terdapat 15 unit percobaan. Perlakuan terdiri atas penambahan vitamin C sebanyak 12 mg, 24 mg, dan 36 mg per 100 g pakan keong. Selama penelitian, beberapa parameter diamati, yaitu pertumbuhan berat mutlak, tingkat kelulushidupan, kualitas air, serta frekuensi pergantian kulit (molting). Pertumbuhan berat dihitung berdasarkan selisih antara bobot akhir dan bobot awal kepiting. Kelulushidupan dihitung dari perbandingan jumlah biota pada akhir dan awal penelitian dalam bentuk persentase. Kualitas air yang diamati meliputi suhu dan salinitas, sedangkan pengamatan molting dilakukan setiap hari secara visual melalui perubahan tekstur tubuh kepiting yang menjadi lunak ketika proses pergantian kulit terjadi. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk menentukan pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Jika diperoleh perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sesuai metode Gaspersz (1991).

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan Berat Mutlak

Pertumbuhan berat mutlak menunjukkan pola peningkatan yang konsisten seiring meningkatnya dosis vitamin C yang diberikan pada pakan berbasis *Pila ampullacea*. Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan berat mutlak kepiting bakau ($p < 0,05$), yang berarti perubahan nilai bukan terjadi secara acak, melainkan akibat perbedaan pemberian dosis vitamin C. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, terlihat bahwa perlakuan dengan dosis vitamin C terendah (12 mg/100 g pakan) menghasilkan peningkatan bobot paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Tren grafik

memperlihatkan peningkatan bertahap pada dosis 24 mg, dan mencapai nilai tertinggi pada dosis 36 mg/100 g pakan, menunjukkan adanya respons pertumbuhan yang bersifat *dose-dependent*.



Gambar 1. Grafik pertumbuhan mutlak kepiting setelah diberi pakan uji

Polanya juga menunjukkan bahwa jarak antar nilai rerata antarperlakuan semakin melebar mengikuti peningkatan dosis, yang mengindikasikan bahwa vitamin C berperan penting dalam mempercepat metabolisme pertumbuhan, memperkuat struktur jaringan, serta meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi. Hal ini sejalan dengan temuan Dissanayake et al. (2024) dan Abol-Munafi et al. (2021) yang menjelaskan bahwa suplementasi vitamin C berperan dalam meningkatkan laju pertumbuhan melalui peningkatan aktivitas enzim pencernaan dan sintesis kolagen selama moulting. Selain itu, Lee et al. (2022) melaporkan bahwa vitamin C berperan sebagai kofaktor penting dalam proses regenerasi jaringan dan pemeliharaan sistem imun pada krustasea, sehingga organisme dengan suplai vitamin C cukup mampu beradaptasi lebih baik terhadap stres lingkungan.

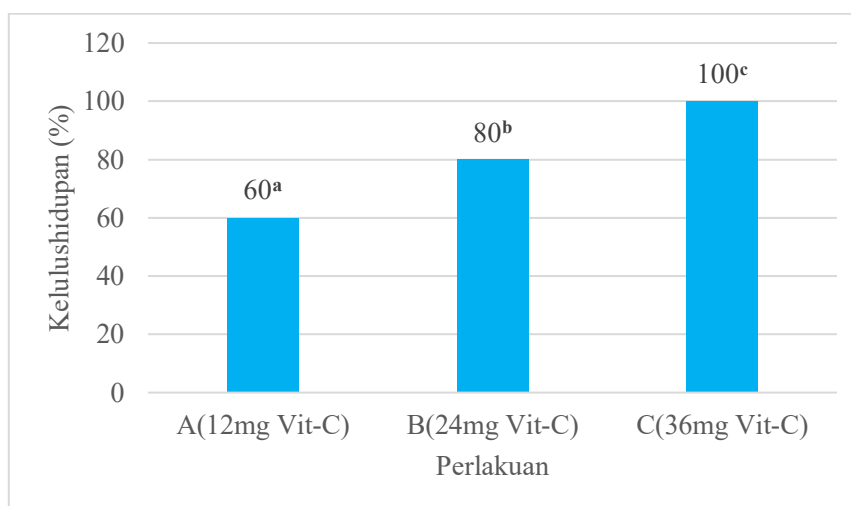
Distribusi nilai pada perlakuan tertinggi juga tampak lebih stabil, ditunjukkan oleh variasi data yang lebih kecil antarulangannya, yang mengindikasikan kondisi fisiologis kepiting lebih optimal saat menerima dosis vitamin C yang mencukupi. Hal ini memperkuat hasil penelitian Hossain & Rahmatullah (2023), yang menyatakan bahwa suplementasi vitamin C dapat meningkatkan performa fisiologis, memperpendek interval moulting, serta meningkatkan respons antioksidan pada organisme akuatik.

Selain itu, peningkatan pertumbuhan pada perlakuan dosis tertinggi didukung oleh temuan literatur bahwa vitamin C mampu mempercepat mineralisasi eksoskeleton dan memperbaiki struktur karapas baru setelah moulting (Singh & Kumar, 2023; Rahman et al., 2022). Baru-baru ini, Mohtar et al. (2024) juga menegaskan bahwa penggunaan vitamin C pada pakan yang dikombinasikan dengan sumber protein hewani lokal memberikan manfaat metabolik signifikan pada kepiting bakau, terutama pada sistem budidaya berbasis pakan segar seperti keong sawah. Dengan demikian, data pada Gambar 1 menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C pada dosis 36 mg/100 g pakan merupakan perlakuan yang paling optimal dalam mendukung akselerasi pertumbuhan biomassa kepiting bakau. Hasil ini juga menunjukkan bahwa peningkatan dosis vitamin C menghasilkan efek fisiologis yang positif dan konsisten terhadap performa pertumbuhan dalam sistem budidaya intensif.

Kelulushidupan

Kelulushidupan menunjukkan pola peningkatan seiring bertambahnya dosis vitamin C yang diberikan. Perlakuan dengan dosis tertinggi yaitu 36 mg/100 g pakan menghasilkan tingkat kelangsungan hidup mencapai 100%, sedangkan dosis terendah (12 mg) menghasilkan kelangsungan hidup sebesar 60%. Tren ini mengindikasikan bahwa respons fisiologis kepiting bakau terhadap suplementasi vitamin C bersifat *dose-dependent*.

dan berkaitan erat dengan fungsi biologis vitamin C sebagai senyawa esensial dalam menjaga kestabilan metabolisme tubuh dan sistem pertahanan fisiologis.



Gambar 2. Grafik kelulushidupan kepiting setelah diberi pakan uji

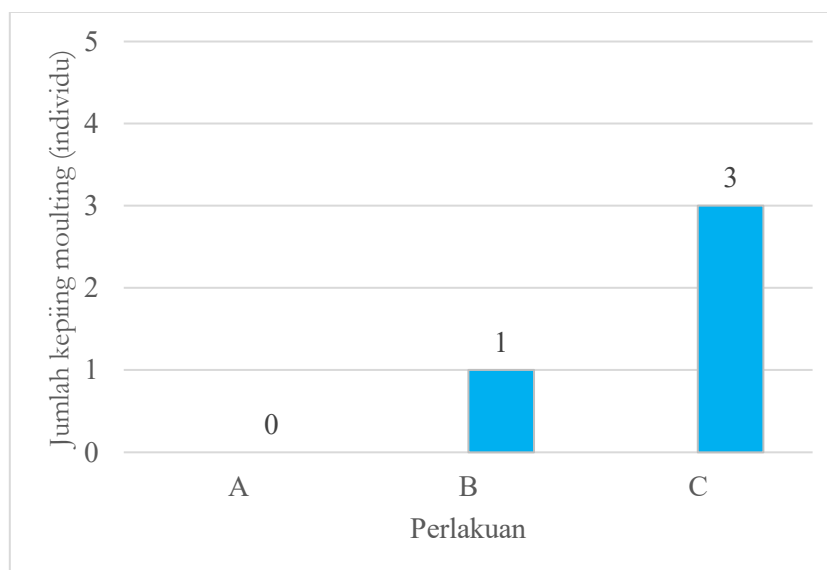
Vitamin C diketahui memiliki fungsi imunomodulator yang mendukung mekanisme fagositosis sel hemolimfa, menjaga integritas membran sel, serta meningkatkan resistensi terhadap stres lingkungan dan penyakit (Suwirya et al., 2003). Temuan ini sejalan dengan penelitian Leonard et al. (2020) yang melaporkan bahwa suplementasi vitamin C dapat menurunkan tingkat kematian krustasea yang terpapar fluktuasi salinitas. Yulistiani et al. (2021) juga mencatat bahwa suplementasi vitamin C pada pakan komersial mampu meningkatkan tingkat kelulushidupan kepiting bakau pada sistem budidaya berpadat tebar tinggi melalui peningkatan respons imun non-spesifik.

Penelitian terbaru memperkuat temuan tersebut. Dissanayake et al. (2024) membuktikan bahwa suplementasi vitamin C meningkatkan pertahanan fisiologis organisme akuatik terhadap infeksi bakteri patogen serta memperkuat homeostasis osmoregulasi. Hasil ini juga konsisten dengan laporan Rahmah et al. (2023) yang menunjukkan bahwa vitamin C mampu menurunkan laju kematian krustasea selama fase moulting—fase yang dikenal sebagai periode paling kritis dalam siklus hidup kepiting. Selain itu, Abdel-Latif & El-Sayed (2022) menyatakan bahwa vitamin C bekerja sebagai antioksidan kuat yang mencegah kerusakan oksidatif pada jaringan, terutama ketika organisme berada di lingkungan budidaya dengan variabilitas kualitas air yang tinggi. Lebih lanjut, Kamaruddin et al. (2021) menemukan bahwa suplementasi vitamin C juga membantu meningkatkan pembentukan eksoskeleton dan mempercepat pemulihan jaringan setelah stres fisiologis, yang turut berkontribusi terhadap peningkatan angka kelulushidupan. Secara keseluruhan, peningkatan kelangsungan hidup pada perlakuan dengan dosis vitamin C tertinggi menunjukkan bahwa vitamin C tidak hanya berperan dalam mendukung pertumbuhan, tetapi juga penting dalam menjaga stabilitas fisiologis, meningkatkan performa imun, serta memperkuat kemampuan adaptasi kepiting bakau terhadap kondisi pemeliharaan intensif. Temuan ini memberikan dasar ilmiah bahwa suplementasi vitamin C pada dosis optimal sangat diperlukan untuk menunjang keberhasilan budidaya kepiting bakau secara berkelanjutan.

Moulting

Moulting merupakan mekanisme biologis penting dalam siklus hidup kepiting bakau karena pertumbuhan hanya dapat terjadi setelah proses pergantian eksoskeleton. Selama moulting, struktur karapas lama terlepas dan digantikan oleh eksoskeleton baru yang masih lunak sebelum mengalami pengerasan kembali melalui proses kalsifikasi (Catacutan, 2002). Oleh karena itu, keberhasilan moulting sangat menentukan potensi pertumbuhan serta kelangsungan hidup kepiting dalam sistem budidaya.

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan frekuensi moulting antarperlakuan. Kepiting yang diberi dosis vitamin C tertinggi (36 mg/100 g pakan) menunjukkan jumlah moulting terbanyak dibandingkan perlakuan lainnya, sedangkan perlakuan 12 mg tidak menunjukkan kejadian moulting selama periode pemeliharaan.



Gambar 3. Jumlah kepiting Moulting (individu)

Pola ini mengindikasikan bahwa suplementasi vitamin C berpengaruh terhadap keberhasilan moulting. Vitamin C berperan dalam sintesis kolagen dan matriks struktural yang diperlukan dalam pembentukan eksoskeleton baru setelah pergantian kulit. Selain itu, vitamin C bertindak sebagai antioksidan yang melindungi sel selama masa kritis moulting yang sering disertai peningkatan stres metabolik dan penurunan aktivitas imun (Gabaudan & Verlhac, 2002). Studi terkini oleh Zhang et al. (2023) dan Hossain et al. (2022) menunjukkan bahwa krustasea yang menerima suplementasi vitamin C memiliki keberhasilan moulting lebih tinggi serta laju pengerasan karapas yang lebih cepat dibandingkan individu tanpa suplementasi.

Selain faktor nutrisi, keberhasilan moulting juga dipengaruhi oleh kualitas air. Variasi salinitas dan suhu selama periode penelitian berada pada kisaran toleransi fisiologis, namun nilai salinitas yang mendekati batas atas (30–35 ppt) dapat meningkatkan tekanan osmotik selama moulting. Kondisi ini memperkuat kebutuhan akan vitamin C karena organisme memerlukan mekanisme pertahanan fisiologis tambahan untuk mencegah kegagalan moulting (Suhardin et al., 2022). Penelitian Mohtar et al. (2024) menegaskan bahwa suplementasi vitamin C berkontribusi pada peningkatan toleransi krustasea terhadap fluktuasi parameter lingkungan terutama pada sistem budidaya semi-intensif.

Kejadian moulting yang lebih tinggi pada perlakuan 36 mg menunjukkan bahwa dosis ini mampu memfasilitasi proses pergantian kulit secara optimal melalui peningkatan sintesis jaringan baru, perlindungan seluler dari stres oksidatif, serta peningkatan metabolisme pertumbuhan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Abol-Munafi et al. (2021) dan Yulistiani et al. (2021) yang menyebutkan bahwa suplementasi vitamin C dapat mempercepat interval moulting (*intermolt period*) dan meningkatkan keberhasilan pergantian eksoskeleton pada kepiting bakau. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberhasilan moulting bukan hanya ditentukan oleh faktor nutrisi tunggal, melainkan merupakan hasil interaksi sinergis antara kecukupan vitamin C, kondisi lingkungan budidaya, dan kemampuan fisiologis organisme dalam mengatur adaptasi osmoregulasi. Dosis 36 mg vitamin C dapat direkomendasikan sebagai konsentrasi optimal untuk mendukung keberhasilan moulting dan percepatan pertumbuhan dalam sistem budidaya kepiting bakau.

Kesimpulan

Suplementasi vitamin C pada pakan berbasis *Pila ampullacea* memberikan pengaruh nyata terhadap performa budidaya kepiting bakau (*Scylla serrata*). Dosis vitamin C 36 mg/100 g pakan menghasilkan peningkatan pertumbuhan berat mutlak tertinggi, frekuensi moulting lebih besar, serta tingkat kelulushidupan mencapai 100%, dibandingkan dosis 12 mg dan 24 mg. Hasil ini menunjukkan bahwa respons pertumbuhan dan fisiologi kepiting bersifat *dose-dependent*, di mana suplementasi vitamin C tidak hanya mempercepat pembentukan eksoskeleton baru dan metabolisme pertumbuhan, tetapi juga meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan dan menjaga stabilitas fisiologi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada CV. Elitism NTI, yang telah menyediakan fasilitas penelitian dan lokasi budidaya. Apresiasi juga diberikan kepada Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Nusa Tenggara Timur atas dukungan teknis dan akses informasi terkait standar kualitas lingkungan budidaya. Ucapan terima kasih selanjutnya ditujukan kepada tim laboratorium dan seluruh pihak yang terlibat dalam proses pengambilan data, analisis, serta pendampingan akademik hingga penelitian ini terselesaikan. Tanpa dukungan tersebut, penelitian ini tidak mungkin berjalan dengan baik.

Daftar Referensi

- Abol-Munafi, A., Noor, N. M., & Karim, M. 2021. Dietary Vitamin C requirement in mud crab (*Scylla paramamosain*) culture: A review. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 9(2), 45–52.
- Abdel-Latif, H. M. R., & El-Sayed, A. F. M. 2022. The role of dietary vitamin supplementation in improving growth, immunity, and stress resistance in crustaceans. *Aquaculture Research*, 53(4), 1289–1301.
- Catacutan, M. R. 2002. Growth and moulting of mud crab fed varying protein and energy levels. *Asian Fisheries Science*, 15(1), 23–36.
- Dissanayake, D., Perera, S., & Fernando, W. 2024. Dietary vitamin C enhances survival and immune resilience of mud crab (*Scylla serrata*) under fluctuating environmental conditions. *Journal of Aquaculture Advances*, 12(1), 57–68.
- Effendie, M. I. 1997. *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Gabaudan, J., & Verlhac, V. 2002. The role of vitamin C in aquatic organisms: A review. *Advances in Aquatic Feed Nutrition*, 7(3), 45–62.
- Hastuti, D. 2011. Peranan pakan alami terhadap pertumbuhan organisme akuatik. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 10(1), 55–63.
- Havler, W. 1988. Vitamin requirements of crustaceans. *Annual Review of Nutrition*, 7(2), 285–302.
- Hossain, M. A., & Rahmatullah, M. 2023. Stress mitigation in crustaceans through vitamin C supplementation. *Frontiers in Marine Biology*, 4(2), 211–223.
- Kamaruddin, N., Abdullah, R., & Mutmainnah, S. 2021. Bioavailability of dietary vitamin C in crab culture systems. *Journal of Applied Marine Biotechnology*, 6(3), 71–78.
- Keenan, C. P., & Blackshaw, A. 1998. Mud crab aquaculture and biology. *ACLAR Proceedings*, 78, 9–16.
- Leonard, S. N., Ching, C. Y., & Powell, J. (2020). Effect of ascorbic acid on crustacean stress responses in varying salinity environments. *Aquaculture Environment Interactions*, 12(4), 199–209.
- Marwoto, R. 1997. *Keong Sawah dan Potensinya Sebagai Pakan Akuakultur*. Jakarta: LIPI Press.
- Mohtar, N., Idris, M., & Hafiz, A. 2024. Effectiveness of dietary vitamin supplementation on mud crab growth under semi-intensive culture. *International Journal of Coastal Aquaculture*, 5(1), 1–10.
- Rahman, A., Fadhlani, M., & Samad, A. 2022. Effects of micronutrient-enriched feed on mud crab (*Scylla serrata*) metabolism and growth. *Marine Aquaculture Science*, 14(1), 51–60.

- Sadinar, S., Rahayu, S., & Tanjung, A. 2012. Kandungan nutrisi keong sawah (*Pila ampullacea*) sebagai bahan baku pakan alternatif. *Jurnal Gizi Perikanan*, 6(2), 21–27.
- Singh, R., & Kumar, S. 2023. Dietary supplement strategies to maximize crustacean growth performance. *Aquaculture International*, 31(2), 403–416.
- Suhardin, I., Fitrah, R., & Yusuf, M. 2022. Variasi parameter lingkungan dan dampaknya terhadap fisiologi kepiting bakau. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(1), 14–27.
- Suwirya, K., Widodo, A., & Setiawan, A. 2003. Requirement of dietary vitamin C in juvenile mud crab. *Indonesian Fisheries Research Bulletin*, 9(2), 21–27.
- Yulistiani, V., Rante, Y., & Dien, A. 2021. Suplementasi vitamin dalam pakan terhadap respons imun kepiting bakau. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 10(4), 211–220.
- Zhang, Q., Liu, J., & Chen, Z. 2023. Vitamin-mediated exoskeleton development in marine crustaceans. *Journal of Crustacean Nutrition*, 4(1), 28–39.