



Perkembangan Pakan Lobster Berkelanjutan: Tinjauan Nutrisi, Binder, dan Dampak Lingkungan

Sustainable Lobster Feed Development: Reviewing Nutrition, Binders, and Ecological Implications

Wastu Ayu Diamahesa*, Fariq Azhar

Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram
Jl. Pendidikan No. 37 Mataram, Mataram 83125, Nusa Tenggara Barat, INDONESIA

*corresponding author, email: wastuayu@unram.ac.id

Manuscript received: 19-05-2025. Accepted: 23-06-2025

ABSTRAK

Budidaya lobster telah menjadi sektor penting dalam akuakultur global, namun menghadapi tantangan utama dalam formulasi pakan yang berkelanjutan dan efisien. Artikel review ini menganalisis kebutuhan nutrisi lobster, efektivitas bahan pengikat (binder), serta peluang inovasi berbasis 15 studi terbaru (2004–2025). Lobster memerlukan protein tinggi (>45%) untuk pertumbuhan, terutama pada fase larva dan juvenil, dengan lipid (<10%) dan karbohidrat (20–35%) sebagai pendukung energi. Ketidakseimbangan nutrisi dapat menurunkan efisiensi pakan dan memicu gangguan fisiologis. Binder seperti karagenan (2–4%) dan sodium alginat (3%) terbukti optimal untuk stabilitas pakan (>4 jam) dan pertumbuhan (*Panulirus argus*, *Homarus gammarus*), sementara binder alami seperti tepung jagung (5%) kurang efektif. Tantangan utama meliputi spesifisitas kebutuhan nutrisi antarspesies (*P. cygnus* lebih cocok dengan pakan alami), dampak lingkungan dari limbah nitrogen, dan pemanfaatan bahan baku lokal (contoh: shrimp waste meal) yang belum optimal. Solusi yang diusulkan mencakup pengembangan binder multifungsi, integrasi sistem RAS/IMTA, dan formulasi pakan berbasis limbah perikanan. Kajian ini merekomendasikan pendekatan holistik yang memadukan nutrisi presisi, teknologi pakan inovatif, dan sistem budidaya berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas dan daya saing industri lobster, khususnya di Indonesia.

Kata kunci : Formulasi pakan lobster, Bahan pengikat pakan, Nutrisi spesifik spesies, Budidaya berkelanjutan, Efisiensi pakan

ABSTRACT

Lobster aquaculture has emerged as a strategic global sector, yet faces critical challenges in sustainable and cost-effective feed formulation. This review synthesizes findings from 15 studies (2004–2025) to analyze species-specific nutritional requirements, binder efficacy, and innovation opportunities. Lobsters require high protein (>45%) for growth (especially larvae/juveniles), with limited lipids (<10%) and moderate carbohydrates (20–35%). Nutritional imbalances reduce feed efficiency and may trigger physiological disorders. Binders like carrageenan (2–4%) and sodium alginate (3%) optimize feed stability (>4 hours) and growth performance (*Panulirus argus*, *Homarus gammarus*), while natural

binders (e.g., 5% cornmeal) show inferior results. Key challenges include species-specific dietary adaptations (*P. cygnus* thrives on natural diets), environmental impacts of nitrogen waste, and underutilized local ingredients (e.g., shrimp waste meal). The study highlights the potential of multifunctional binders, RAS/IMTA systems, and fishery byproduct-based feeds. A holistic approach integrating precision nutrition, innovative feed technologies, and sustainable farming practices is recommended to enhance productivity and environmental sustainability. Future research should prioritize binder-microbiome interactions, standardized protocols for commercial species, and circular economy models to support Indonesia's competitive position in global lobster markets.

Keywords: Lobster feed formulation, Feed binders, Species-specific nutrition, Sustainable aquaculture, Feed efficiency

PENDAHULUAN

Budidaya lobster telah menjadi sektor *strategis* dalam akuakultur global, dengan permintaan pasar yang terus meningkat seiring dengan penurunan stok alamiah akibat penangkapan berlebihan (Jones *et al.*, 2019; Hinchcliffe *et al.*, 2022; FAO, 2024). Namun, tantangan utama dalam pengembangan budidaya lobster terletak pada formulasi pakan yang memenuhi kebutuhan nutrisi spesifik sekaligus ekonomis dan berkelanjutan. Pakan menyumbang lebih dari 50% biaya operasional, sekaligus menjadi faktor penentu keberhasilan pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan kesehatan lobster (Perera *et al.*, 2005; (Hinchcliffe *et al.*, 2020; Powell, 2016). Kompleksitas kebutuhan nutrisi lobster yang bervariasi antarspesies dan tahap perkembangan menuntut pendekatan formulasi yang presisi, didukung oleh bukti ilmiah terkini.

Lobster memerlukan protein tinggi (>45%) terutama pada fase larva dan juvenil untuk pembentukan jaringan dan eksoskeleton, dengan lipid (<10%) dan karbohidrat (20–35%) sebagai pendukung energi (Goncalves *et al.*, 2020; Lund *et al.*, 2025). Namun, ketidakseimbangan nutrisi atau formulasi yang tidak tepat dapat menurunkan efisiensi pakan dan memicu gangguan fisiologis. Di sinilah peran bahan pengikat (binder) seperti karagenan dan sodium alginat menjadi kritis, tidak hanya untuk menjaga stabilitas pakan di air tetapi juga memengaruhi palatabilitas dan pencernaan (Goncalves *et al.*, 2020; Perera & Simon, 2015). Tantangan utamanya adalah mengembangkan binder yang adaptif terhadap spesies, tahap pertumbuhan, dan sistem budidaya.

Meskipun kemajuan signifikan telah dicapai dalam penelitian nutrisi lobster, beberapa kesenjangan masih perlu diatasi (Saleela *et al.*, 2015). Pertama, sebagian besar studi terfokus pada spesies komersial seperti *Homarus gammarus* dan *Panulirus ornatus*, sementara data untuk spesies lain masih terbatas. Kedua, efektivitas binder sering kali dievaluasi secara terpisah dari dampak lingkungan, seperti akumulasi limbah nitrogen dalam sistem RAS (Ly, 2009; van Putten *et al.*, 2016; Clarke *et al.*, 2023; Edwards *et al.*, 2024). Ketiga, pemanfaatan bahan baku lokal dan limbah perikanan sebagai alternatif tepung ikan belum dioptimalkan, padahal berpotensi menekan biaya dan mendukung ekonomi sirkular (Goncalves *et al.*, 2022).

Artikel ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kebutuhan nutrisi lobster berdasarkan spesies dan tahap perkembangan, (2) mengevaluasi efektivitas berbagai jenis binder dalam mendukung pertumbuhan dan kesehatan lobster, serta (3) mengidentifikasi peluang inovasi dan tantangan keberlanjutan dalam formulasi pakan. Tinjauan ini mengintegrasikan temuan dari 15 studi terkini (2004–2025) untuk memberikan rekomendasi praktis bagi industri dan arahan penelitian ke depan. Dengan pendekatan holistik, diharapkan artikel ini dapat berkontribusi pada pengembangan budidaya lobster yang produktif, ekonomis, dan ramah lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kebutuhan Nutrisi Lobster

Kebutuhan nutrisi lobster merupakan aspek fundamental dalam budidaya yang harus dipahami secara komprehensif, mengingat variasi kebutuhan antarspesies dan tahap perkembangan. Adapun perbandingan komposisi dan efektivitas pakan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Komposisi dan Efektivitas Pakan Berdasarkan Studi Literatur

No	Peneliti (Tahun)	Spesies Lobster	Jenis/Bahan Pakan	Komposisi Utama Pakan	Efektivitas (Pertumbuhan/Survival)	Catatan
1	Perera et al. (2005)	<i>Panulirus argus</i>	Tepung ikan, cumi, kerang	25–35% protein	Peningkatan enzim pencernaan dan metabolisme	–
2	Goncalves et al. (2022)	<i>Homarus gammarus</i>	Shrimp Waste Meal (SWM)	~54% protein	SWM 28% meningkatkan kelangsungan hidup tanpa menurunkan pertumbuhan	–
3	Lund et al. (2025)	<i>H. gammarus</i> (larva)	Fosfolipid, LC-PUFA	3–12% lipid	Diet HPP mendukung transisi ke pasca-larva dengan survival lebih tinggi	–
4	Goncalves et al. (2020)	<i>H. gammarus</i>	Ekstrudat protein + karbohidrat	50% protein, 30% karbohidrat	FCR rendah, pertumbuhan optimal dengan sodium alginat	–
5	Edwards et al. (2024)	<i>Panulirus ornatus</i>	Pakan komersial + integrasi alga	Tidak spesifik	Penurunan ekskresi nitrogen dengan sistem RAS dan biofilter alga	–
6	Amin et al. (2022)	<i>P. ornatus</i> (juvenil)	Pakan alami vs buatan	>45% protein	Pakan buatan mendekati efisiensi pakan alami jika diformulasi optimal	–
7	Goncalves et al. (2021)	<i>H. gammarus</i>	Ekstrudat protein tinggi	40–50% protein	Efisiensi energi meningkat, retensi nitrogen tinggi	–
8	Perera & Simon (2015)	<i>P. argus</i>	Protein tinggi + binder karagenan	35% protein	Stabilitas pakan >4 jam, konsumsi efisien	–
9	Muhamad Amin et al. (2022)	<i>P. ornatus</i> (puerulus)	Identifikasi pakan alami (eDNA)	–	Identifikasi pakan potensial berbasis plankton laut	–
10	Goncalves et al. (2020)	<i>H. gammarus</i>	Protein:karbohidrat seimbang	50% : 30%	Efisiensi metabolisme dan pertumbuhan optimal	–
11	Bourne et al. (2004)	<i>P. ornatus</i>	Artemia (nauplii)	Artemia hidup, tanpa nutrien tambahan	Mortalitas tinggi pada fase larva; disertai infeksi mikroba (<i>Vibrio</i> spp.)	Fokus pada mikrobiota dan pengaruh biofilm terhadap kesehatan larva

No	Peneliti (Tahun)	Spesies Lobster	Jenis/Bahan Pakan	Komposisi Utama Pakan	Efektivitas (Pertumbuhan/Survival)	Catatan
12	Johnston et al. (2007)	<i>P. cygnus</i>	Pellet, Mussel	Pellet: 55% protein, 10% lemak, 24% karbohidrat	Pertumbuhan rendah dengan pellet; lebih baik dengan mussel; survival tertinggi pada diet mussel	Pakan <i>P. ornatus</i> tidak cocok untuk <i>P. cygnus</i> tanpa modifikasi
13	Simon (2009)	<i>Jasus edwardsii</i>	Formulasi vs daging kerang (mussel)	Protein tinggi, karbohidrat rendah, lipid seimbang	Daging kerang hasilkan puncak enzimatis; formulasi perlu peningkatan pencernaan	Efisiensi pakan formulasi masih perlu ditingkatkan

Protein merupakan komponen nutrisi paling kritis bagi lobster, terutama pada fase larva dan juvenil, karena berperan penting dalam pembentukan jaringan tubuh dan eksoskeleton. Penelitian Goncalves et al. (2020) menunjukkan bahwa pakan dengan kandungan protein >45% mampu menghasilkan pertumbuhan optimal pada juvenil *Homarus gammarus*, dengan efisiensi metabolisme dan retensi nitrogen yang tinggi. Temuan serupa dilaporkan oleh Perera et al. (2005) pada *Panulirus argus*, di mana protein 25–35% meningkatkan aktivitas enzim pencernaan. Namun, kebutuhan protein harus disesuaikan dengan spesies lobster, seperti pada *P. cygnus* yang justru menunjukkan pertumbuhan lebih baik dengan pakan alami dibandingkan pakan komersial berprotein tinggi (Johnston et al., 2007).

Selain protein, lobster membutuhkan lipid dan karbohidrat sebagai sumber energi, meskipun dalam proporsi yang berbeda. Lipid umumnya dibutuhkan dalam jumlah rendah (<10%), namun fosfolipid dan asam lemak tak jenuh rantai panjang (LC-PUFA) sangat penting untuk perkembangan larva (Lund et al., 2025). Sementara itu, karbohidrat (20–35%) berperan dalam sintesis glikogen dan pembentukan kitin pada eksoskeleton (Goncalves et al., 2021). Namun, kelebihan lipid dapat menurunkan efisiensi pakan dan menyebabkan penumpukan lemak di hepatopankreas (Perera & Simon, 2015), sehingga keseimbangan nutrisi harus menjadi prioritas dalam formulasi pakan.

Pakan alami seperti mussel dan *Artemia* memberikan hasil pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang baik, tetapi memiliki keterbatasan dalam ketersediaan serta risiko kontaminasi mikroba (Bourne et al., 2004). Sebaliknya, pakan buatan yang diformulasi secara tepat—seperti ekstrudat protein tinggi (Goncalves et al., 2020) atau pakan yang diperkaya alga (Edwards et al., 2024)—dapat mencapai efisiensi yang mendekati pakan alami. Kendati demikian, pakan buatan masih menghadapi tantangan dalam hal pencernaan dan stabilitas di air, sehingga perlu pengembangan lebih lanjut (Simon, 2009).

Respons lobster terhadap pakan sangat bergantung pada spesies dan kondisi lingkungan. Contohnya, *P. ornatus* menunjukkan pertumbuhan baik dengan pakan komersial yang dimodifikasi (Amin et al., 2022), sementara *P. cygnus* lebih cocok dengan pakan alami seperti mussel (Johnston et al., 2007). Selain itu, faktor lingkungan seperti kualitas air dan keberadaan biofilm juga memengaruhi kesehatan larva (Bourne et al., 2004). Oleh karena itu, pendekatan nutrisi lobster harus mempertimbangkan tidak hanya komposisi pakan, tetapi juga adaptasi spesies dan kondisi budidaya untuk mencapai hasil yang optimal.

2. Pemanfaatan Binder dalam pakan Lobster dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan

Formulasi pakan yang optimal merupakan faktor kritis dalam budidaya lobster, di mana bahan pengikat (binder) memegang peran strategis dalam menentukan keberhasilan produksi. Binder tidak hanya berfungsi untuk mempertahankan integritas fisik pakan di lingkungan akuatik, tetapi juga secara signifikan mempengaruhi efisiensi nutrisi, pertumbuhan, dan kesehatan lobster. Berbagai penelitian telah mengungkapkan kompleksitas pemilihan binder yang tepat, dimana efektivitasnya sangat bergantung pada interaksi dinamis antara karakteristik bahan, spesies lobster, dan kondisi lingkungan budidaya. Adapun pemanfaatan binder dalam pakan lobster dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemanfaatan Binder dalam Pakan Lobster dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan

No	Jenis Binder	Studi Referensi	Spesies Uji	Konsentrasi Penggunaan	Efek terhadap Stabilitas Pakan	Dampak pada Pertumbuhan	Catatan Tambahan
1	Karagenan	Perera & Simon (2015)	<i>Panulirus argus</i>	2–4%	Stabil hingga >4 jam dalam air laut	Konsumsi meningkat, efisiensi pakan tinggi	-
2	Sodium alginat	Goncalves et al. (2020)	<i>Homarus gammarus</i>	3%	Tekstur padat, tidak mudah larut	FCR rendah, SGR tinggi	-
3	Agar-agar	Goncalves et al. (2021)	<i>H. gammarus</i>	1–2%	Meningkatkan kohesi pelet	Tidak berbeda signifikan, namun efisiensi lebih stabil	-
4	Gelatin	Lund et al. (2025)	<i>H. gammarus</i> (larva)	2%	Stabilitas tinggi untuk mikrodiet	Survival larva meningkat	-
5	Tepung jagung (alami)	Amin et al. (2022)	<i>P. ornatus</i>	5%	Rendah, mudah larut dalam air	Pertumbuhan menurun	-
6	Tidak disebutkan (komersial)	Johnston et al. (2007)	<i>P. cygnus</i>	Tidak dijelaskan	Mengurangi kehilangan nutrisi (namun masih 20%)	FCR tinggi (4.68); pertumbuhan rendah dibanding diet segar	Formulasi berasal dari pakan <i>P. ornatus</i> , kurang cocok untuk <i>P. cygnus</i>
7	Tidak disebutkan	Simon (2009)	<i>Jasus edwardsii</i>	Tidak dijelaskan	Menjaga bentuk pelet di air	Penurunan kapasitas enzimatis dan pertumbuhan dibanding diet alami	Lumen tubulus pencernaan 88% lebih besar, pH lebih asam
8	Tidak disebutkan	Crear et al. (2000)	<i>J. edwardsii</i>	Tidak dijelaskan	Menstabilkan pellet	Pertumbuhan lebih lambat dan survival lebih rendah dibanding diet kerang	Efektivitas binder tergantung lingkungan dan spesies

Analisis komprehensif terhadap berbagai jenis binder mengungkapkan variasi efektivitas yang signifikan tergantung pada karakteristik bahan dan spesies target. Karagenan (2-4%) dan sodium alginat (3%) terbukti unggul dalam menjaga stabilitas pakan (>4 jam) sekaligus meningkatkan parameter pertumbuhan seperti FCR dan SGR pada *Panulirus argus* dan *H. gammarus* (Perera & Simon, 2015; Goncalves et al., 2020). Sebaliknya, binder alami seperti tepung jagung (5%) menunjukkan performa inferior dengan stabilitas rendah dan pertumbuhan terhambat pada *P. ornatus* (Amin et al., 2022). Temuan ini menegaskan bahwa efektivitas binder bersifat spesifik dan harus dievaluasi berdasarkan kesesuaian dengan biologi spesies dan kondisi budidaya.

Studi komparatif mengungkapkan bahwa penggunaan binder non-spesifik dapat menyebabkan gangguan fisiologis pada lobster. Pada *P. cygnus* dan *J. edwardsii*, pakan dengan binder komersial menghasilkan penurunan kapasitas enzimatis dan perubahan morfologi pencernaan, termasuk pembesaran lumen tubulus dan penurunan pH (Johnston et al., 2007; Simon, 2009). Crear et al. (2000) lebih lanjut menunjukkan bahwa interaksi kompleks antara formulasi binder, karakteristik spesies, dan lingkungan budidaya menentukan keberhasilan aplikasi. Temuan ini menyoroti pentingnya pendekatan presisi dalam pemilihan binder untuk meminimalkan dampak negatif terhadap kesehatan lobster.

Meskipun binder sintesis seperti karagenan dan sodium alginat menawarkan solusi praktis, adaptasi spesifik tetap menjadi tantangan utama. Studi Lund et al. (2025) pada larva *H. gammarus* menunjukkan bahwa gelatin 2% mampu meningkatkan survival, mengindikasikan kebutuhan formulasi berbeda untuk setiap tahap perkembangan. Pengembangan binder multifungsi yang mengintegrasikan stabilitas fisik, palatabilitas, dan dukungan kesehatan pencernaan menjadi prioritas, dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan dampak lingkungan (Edwards et al., 2024). Inovasi ini diharapkan dapat menjawab tantangan efisiensi pakan dalam sistem budidaya modern.

Efisiensi pakan, yang diukur melalui FCR, SGR, dan retensi nitrogen, merupakan indikator kritis dalam budidaya lobster. Goncalves et al. (2020) melaporkan FCR terendah pada formulasi pakan dengan 50% protein dan 30% karbohidrat menggunakan sodium alginat. Selain itu, Goncalves et al. (2021) menekankan pentingnya keseimbangan protein:energi dan penyesuaian dengan kondisi lingkungan, seperti suhu, untuk mengoptimalkan retensi nitrogen dan pertumbuhan. Pendekatan holistik ini diperlukan untuk memastikan pemanfaatan nutrisi yang optimal dalam formulasi pakan.

Berdasarkan sintesis bukti empiris, rekomendasi penelitian ke depan mencakup: (1) eksplorasi bahan binder novel dengan fungsi ganda, (2) studi jangka panjang tentang dampak binder terhadap mikrobioma usus, dan (3) pengembangan protokol formulasi terstandarisasi untuk spesies bernilai ekonomis. Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara penelitian akademis dan kebutuhan industri, sekaligus mendukung pengembangan budidaya lobster yang berkelanjutan dan efisien. Dengan pendekatan berbasis bukti, inovasi dalam teknologi pakan lobster dapat memberikan dampak signifikan terhadap produktivitas dan keberlanjutan industri akuakultur.

3. Peluang dan Tantangan Penelitian

Seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap keberlanjutan dalam budidaya perairan, penelitian mengenai pakan lobster terus mengalami perkembangan. Salah satu tantangan besar adalah memformulasikan pakan yang tidak hanya memenuhi kebutuhan nutrisi lobster, tetapi juga mengurangi dampak lingkungan. Sistem budidaya tertutup seperti *Recirculating Aquaculture System* (RAS) dan pendekatan budidaya multitrofik terintegrasi (IMTA) mulai banyak diterapkan untuk mendukung produksi yang ramah lingkungan (Edwards et al., 2024).

Pemanfaatan bahan baku lokal dan limbah perikanan seperti *shrimp waste meal*, tepung kerang, dan hasil samping industri pengolahan laut menjadi strategi penting dalam menekan biaya dan meningkatkan efisiensi produksi (Goncalves et al., 2022). Tantangan selanjutnya adalah memastikan bahwa bahan alternatif tersebut memiliki bioavailabilitas dan pencernaan yang sebanding dengan bahan konvensional seperti tepung ikan.

Di sisi lain, adaptasi pakan terhadap berbagai tahapan pertumbuhan lobster juga menjadi fokus. Sebagai contoh, formulasi mikrodiet untuk larva lobster harus memperhatikan ukuran partikel, daya apung, dan kandungan nutrisi yang spesifik seperti fosfolipid dan asam lemak rantai panjang (Lund et al., 2025). Penelitian lanjutan dibutuhkan untuk mengembangkan teknologi enkapsulasi nutrisi dan penggunaan prebiotik atau probiotik sebagai aditif pakan untuk mendukung kesehatan pencernaan lobster.

4. Implikasi Ekonomi dan Lingkungan

Pakan menyumbang lebih dari 50% biaya operasional dalam budidaya lobster. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi pakan tidak hanya akan berdampak pada pertumbuhan lobster, tetapi juga terhadap keuntungan ekonomi petambak (Perera et al., 2005). Penggunaan binder yang efektif berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pemberian pakan dan mengurangi limbah pakan di lingkungan perairan budidaya.

Dari sisi lingkungan, pakan yang stabil di air dan memiliki tingkat konversi tinggi akan mengurangi potensi eutrofikasi dan akumulasi amonia dalam sistem budidaya. Penggunaan binder seperti sodium alginat yang dapat terurai secara hayati menjadi alternatif menarik untuk menjaga kualitas air dan mendukung prinsip-prinsip aquaculture sustainability.

Dengan kata lain, formulasi pakan yang efisien dan berkelanjutan memberikan kontribusi terhadap peningkatan daya saing industri budidaya lobster, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia. Inovasi di bidang pakan akan menentukan arah kebijakan pembangunan sektor akuakultur dalam dekade mendatang.

KESIMPULAN

Pengembangan pakan lobster berkelanjutan memerlukan pendekatan holistik yang mencakup nutrisi optimal (protein tinggi, karbohidrat moderat, lipid rendah), pemanfaatan bahan baku lokal, serta penggunaan binder untuk stabilitas fisik dan efisiensi nutrisi. Kajian ini menekankan pentingnya menyesuaikan formulasi pakan dengan kondisi lingkungan, spesies lobster, dan sistem budidaya, sementara integrasi teknologi seperti RAS dan IMTA dapat mendukung industri yang ramah lingkungan dan berdaya saing.

Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan formulasi pakan berbasis bahan baku lokal dan limbah perikanan, disertai penguatan kolaborasi antara riset nutrisi, teknologi pakan, dan sistem budidaya terpadu. Penerapan inovasi binder serta pendekatan budidaya efisien (RAS/IMTA) harus diprioritaskan guna meningkatkan produktivitas, keberlanjutan, dan daya saing industri lobster Indonesia di pasar global.

Ucapan Terimakasih

Kami sampaikan terima kasih kepada PT Blue Ocean Lobster atas dukungan finansial dalam penerbitan artikel review ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Taha, H., Samara, S. H., Fitria, A., Muslichah, N. A., Musdalifah, L., ... & Arai, T. (2022). Revealing diets of wild-caught ornate spiny lobster, *Panulirus ornatus*, at puerulus, post-puerulus and juvenile stages using environmental DNA (eDNA) metabarcoding. *Aquaculture Reports*, 27, 101361.

- Bourne, D. G., Young, N., Webster, N., Payne, M., Salmon, M., Demel, S., & Hall, M. (2004). Microbial community dynamics in a larval aquaculture system of the tropical rock lobster, *Panulirus ornatus*. *Aquaculture*, *242*(1–4), 31–51.
- Clarke, L. J., Griffin, R. A., Domoney, E., Smith, H. C. M., Tilsley, L. J., Ellis, C., ... & Daniels, C. L. (2023). Low-impact rearing of a commercially valuable shellfish: Sea-based container culture of European lobster *Homarus gammarus* in the United Kingdom. *Aquaculture Environment Interactions*, 15, 215–230.
- Crear, B. J., Thomas, C. W., Hart, P. R., & Carter, C. G. (2000). Growth of juvenile southern rock lobsters, *Jasus edwardsii*, is influenced by diet and temperature, whilst survival is influenced by diet and tank environment. *Aquaculture*, 190 (1–2), 169–182.
- Edwards, T. M., Puglis, H. J., Kent, D. B., Durán, J. L., Bradshaw, L. M., & Farag, A. M. (2024). Ammonia and aquatic ecosystems – A review of global sources, biogeochemical cycling, and effects on fish. *Science of the Total Environment*, 907, 167911.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2024). *The state of world fisheries and aquaculture 2024 – Blue transformation in action*. Rome.
- Gonçalves, R., Gesto, M., Teodósio, M. A., Baptista, V., Navarro-Guillén, C., & Lund, I. (2021). Replacement of Antarctic krill (*Euphausia superba*) by extruded feeds with different proximate composition: Effects on growth, nutritional condition, and digestive capacity of juvenile European lobsters (*Homarus gammarus*, L.). *Journal of Nutritional Science*, 10, e1.
- Gonçalves, R., Lund, I., Gesto, M., & Skov, P. V. (2020). The effect of dietary protein, lipid, and carbohydrate levels on the performance, metabolic rate and nitrogen retention in juvenile European lobster (*Homarus gammarus*, L.). *Aquaculture*, 525, 735334.
- Gonçalves, R., Gesto, M., Rodríguez, C., Reis, D. B., Pérez, J. A., & Lund, I. (2022). Ontogenetic changes in digestive enzyme activity and biochemical indices of larval and postlarval European lobster (*Homarus gammarus*, L.). *Marine Biology*, 169 (5), 53.
- Hinchcliffe, J., Agnalt, A. L., Daniels, C. L., Drengstig, A. R., Lund, I., McMinn, J., & Powell, A. (2022). European lobster *Homarus gammarus* aquaculture: Technical developments, opportunities and requirements. *Reviews in Aquaculture*, 14 (2), 919–937.
- Hinchcliffe, J., Powell, A., Langeland, M., Vidakovic, A., Undeland, I., Sundell, K., & Eriksson, S. P. (2020). Comparative survival and growth performance of European lobster *Homarus gammarus* post-larva reared on novel feeds. *Aquaculture Research*, 51 (1), 102–113.
- Johnston, D., Melville-Smith, R., & Hendriks, B. (2007). Survival and growth of western rock lobster *Panulirus cygnus* (George) fed formulated diets with and without fresh mussel supplement. *Aquaculture*, 273 (1), 108–117.
- Jones, C. M., Le Anh, T., & Priyambodo, B. (2019). Lobster aquaculture development in Vietnam and Indonesia. In *Lobsters: Biology, fisheries and aquaculture* (pp. 541–570). Springer.
- Lund, I. (2025). Influence of phospholipid and LC-PUFA content in extruded micro diets on European lobster larval (*Homarus gammarus*) performance and nutritional composition. *Fisheries Research*, 281, 107255.
- Ly, N. T. Y. (2009). *Economic analysis of the environmental impact on marine cage lobster aquaculture in Vietnam* [Master's thesis, Universitetet i Tromsø].
- Perera, E., Fraga, I., Carrillo, O., Díaz-Iglesias, E., Cruz, R., Báez, M., & Galich, G. S. (2005). Evaluation of practical diets for the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804): Effects of protein sources on substrate metabolism and digestive proteases. *Aquaculture*, 244 (1–4), 251–262.
- Perera, E., & Simon, C. (2015). Digestive physiology of spiny lobsters: Implications for formulated diet development. *Reviews in Aquaculture*, 7 (4), 243–261.

- Powell, A., Hinchcliffe, J., Sundell, K., Carlsson, N. G., & Eriksson, S. P. (2017). Comparative survival and growth performance of European lobster larvae, *Homarus gammarus*, reared on dry feed and conspecifics. *Aquaculture Research*, 48 (10), 5300–5310.
- Saleela, K. N., Soman, B., & Palavesam, A. (2015). Effects of binders on stability and palatability of formulated dry compounded diets for spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1758). *Indian Journal of Fisheries*, 62 (1), 95–100.
- Simon, C. J. (2009). Digestive enzyme response to natural and formulated diets in cultured juvenile spiny lobster, *Jasus edwardsii*. *Aquaculture*, 294 (3–4), 271–281.
- van Putten, I. E., Farmery, A. K., Green, B. S., Hobday, A. J., Lim-Camacho, L., Norman-López, A., & Parker, R. W. (2016). The environmental impact of two Australian rock lobster fishery supply chains under a changing climate. *Journal of Industrial Ecology*, 20(6), 1384–1398.