

Proximate Characterization of Shrimp Head Waste as a Raw Material for Economically Valuable Fish Feed

Karakterisasi Proksimat Limbah Kepala Udang sebagai Bahan Baku Pakan Ikan Bernilai Ekonomi

Arfiani Rizki Paramata^{1*}, Yumanraya Noho²

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perikanan, Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

²Program Studi Pariwisata, Fakultas Sastra dan Budaya, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

¹arfiani@ung.ac.id*, ²yumanraya@ung.ac.id

Abstract

Shrimp head and shell waste are major by-products of the seafood processing industry that remain underutilized despite being generated in large quantities. Most of this waste is discarded, contributing to environmental pollution. However, shrimp processing waste contains valuable nutrients that can potentially be utilized as an alternative raw material for fish feed. This study aimed to determine the proximate composition of shrimp head meal and evaluate its potential as an alternative ingredient for fish feed. The research employed a laboratory-based experimental approach. Shrimp head waste was collected from a seafood processing unit and subjected to cleaning, drying, and grinding processes to produce shrimp head meal. Proximate analysis was conducted according to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) standard methods, including the determination of crude protein, crude fat, ash, and moisture content. The results showed that shrimp head meal contained 25.26% crude protein, 7.03% crude fat, 23.31% ash, and 13.73% moisture. The relatively high protein content indicates that shrimp head waste has considerable potential as an alternative protein source in fish feed formulations. In addition, its high mineral content may contribute to meeting the nutritional requirements of cultured fish. The utilization of shrimp processing waste as a fish feed ingredient supports the principles of the circular economy by increasing the value of fishery by-products while reducing environmental pollution associated with seafood processing waste.

Keywords: Proximate Analysis; Shrimp Head Meal; Shrimp Waste; Fish Feed; Alternative Protein Source.

Abstrak

Limbah kulit dan kepala udang merupakan hasil samping industri pengolahan perikanan yang jumlahnya cukup besar dan belum dimanfaatkan secara optimal. Sebagian besar limbah tersebut dibuang sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Di sisi lain, limbah udang memiliki kandungan nutrisi yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif pakan ikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan proksimat tepung limbah kepala udang dan mengevaluasi potensinya sebagai bahan baku pakan ikan. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium. Sampel limbah kepala udang dikumpulkan dari unit pengolahan hasil perikanan kemudian dilakukan proses pembersihan, pengeringan, dan penghalusan hingga diperoleh tepung kepala udang. Analisis proksimat dilakukan menggunakan metode AOAC meliputi kadar protein, lemak, abu, dan kadar air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tepung kepala udang memiliki kandungan protein sebesar 25,26%, lemak 7,03%, abu 23,31%, dan kadar air 13,73%. Kandungan protein yang cukup tinggi menunjukkan bahwa limbah kepala udang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber protein alternatif dalam formulasi pakan ikan. Selain itu, kandungan mineral yang tinggi juga dapat mendukung kebutuhan nutrisi ikan budidaya. Pemanfaatan limbah udang sebagai bahan baku pakan dapat mendukung konsep ekonomi sirkular dan mengurangi pencemaran lingkungan dari limbah pengolahan hasil perikanan.

Kata Kunci: Analisis Proksimat, Limbah Udang, Pakan Ikan, Protein, Tepung Kepala Udang.

1. Pendahuluan

Industri pengolahan udang merupakan salah satu subsektor strategis dalam perikanan yang berkontribusi besar terhadap produksi perikanan nasional, penyediaan lapangan kerja, serta peningkatan devisa melalui ekspor. Peningkatan produksi udang setiap tahun turut diikuti oleh meningkatnya volume limbah hasil pengolahan, terutama berupa kepala, kulit, dan ekor. Limbah tersebut dapat mencapai 40–50% dari total berat bahan baku dan sebagian besar masih belum dimanfaatkan secara optimal (Wahyudi et al., 2023). Praktik pembuangan limbah secara langsung tanpa pengolahan tidak hanya menimbulkan pencemaran lingkungan akibat tingginya kandungan bahan organik, tetapi juga menyebabkan hilangnya potensi sumber daya yang masih memiliki nilai ekonomi dan kandungan nutrisi yang tinggi.

Pemanfaatan limbah hasil perikanan menjadi produk bernilai tambah merupakan salah satu strategi yang mendukung konsep ekonomi sirkular (circular economy) dan pembangunan perikanan berkelanjutan. Dalam konsep tersebut, limbah tidak lagi dipandang sebagai residu yang harus dibuang, melainkan sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali untuk menghasilkan produk baru yang bernilai ekonomis. Salah satu limbah yang memiliki potensi besar adalah kepala udang, karena masih mengandung protein, lemak, mineral, serta kitin yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri pakan, pangan, maupun bioproduk lainnya (Kurniawan et al., 2021). Pemanfaatan limbah kepala udang sebagai bahan baku pakan tidak hanya meningkatkan nilai tambah limbah, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan pencemaran lingkungan akibat akumulasi limbah organik.

Di sisi lain, pakan merupakan komponen biaya terbesar dalam usaha budidaya ikan, yaitu mencapai sekitar 60–70% dari total biaya produksi (Sahwan, 2003). Tingginya harga bahan baku konvensional, khususnya tepung ikan yang sebagian masih bergantung pada pasokan terbatas, menjadi tantangan dalam pengembangan usaha akuakultur. Kondisi tersebut mendorong perlunya eksplorasi sumber bahan baku alternatif yang memiliki kandungan nutrisi memadai, mudah diperoleh, tersedia secara berkelanjutan, dan memiliki harga yang lebih ekonomis. Menurut National Research Council (NRC, 2011), kualitas bahan baku pakan merupakan faktor utama yang menentukan efisiensi pemanfaatan nutrisi, laju pertumbuhan, kesehatan ikan, serta efisiensi konversi pakan. Oleh karena itu, limbah kepala udang berpotensi menjadi salah satu alternatif bahan baku yang dapat mendukung efisiensi produksi pakan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap tepung ikan.

Sejumlah penelitian telah melaporkan bahwa tepung kepala udang memiliki kandungan protein yang cukup tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan penyusun pakan ikan maupun udang (Suwirya et al., 2015; Kurniawan et al., 2021). Selain protein, limbah kepala udang juga mengandung mineral, terutama kalsium dan fosfor, yang berperan penting dalam pembentukan tulang, metabolisme, dan pertumbuhan organisme akuatik (Yuliana et al., 2022). Kandungan nutrisi tersebut menunjukkan bahwa kepala udang tidak hanya berfungsi sebagai sumber protein alternatif, tetapi juga sebagai sumber mineral yang dapat meningkatkan kualitas nutrisi pakan apabila digunakan dalam formulasi yang tepat.

Sebelum suatu bahan dimanfaatkan sebagai komponen penyusun pakan, diperlukan evaluasi terhadap kualitas nutrisinya melalui analisis proksimat. Analisis proksimat merupakan metode standar yang digunakan untuk menentukan kandungan air, protein kasar, lemak kasar, abu, serat kasar, dan karbohidrat suatu bahan pakan (AOAC, 2019). Informasi mengenai komposisi nutrisi tersebut menjadi dasar dalam

menentukan kelayakan bahan baku, menyusun formulasi pakan, serta memperkirakan nilai nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh ikan. Khazaidan dan Mikdarullah (2017) menyatakan bahwa analisis proksimat merupakan tahapan fundamental dalam pengembangan bahan baku pakan alternatif karena memberikan informasi ilmiah mengenai kualitas dan potensi pemanfaatan suatu bahan.

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan pemanfaatan limbah udang sebagai bahan baku pakan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada limbah udang secara umum atau tepung limbah campuran. Informasi mengenai karakteristik nutrisi limbah kepala udang yang berasal dari sumber lokal serta potensinya sebagai bahan baku pakan ikan masih relatif terbatas. Selain itu, kandungan nutrisi limbah kepala udang dapat dipengaruhi oleh spesies udang, ukuran, tingkat kesegaran bahan baku, serta metode pengolahan yang digunakan (Janna et al., 2022). Oleh karena itu, karakterisasi nutrisi melalui analisis proksimat menjadi penting untuk menghasilkan data yang lebih spesifik sebagai dasar pemanfaatan limbah kepala udang dalam formulasi pakan ikan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan nutrisi limbah kepala udang melalui analisis proksimat serta mengevaluasi potensinya sebagai bahan baku alternatif pakan ikan yang bernilai ekonomi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai kualitas nutrisi limbah kepala udang, memperkuat upaya pemanfaatan limbah perikanan secara berkelanjutan, serta menjadi dasar pengembangan formulasi pakan yang lebih ekonomis, efisien, dan ramah lingkungan.

2. Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2026. Sampel limbah kepala udang diperoleh dari hasil sampling pengolahan udang yang berasal dari Gorontalo. Pengujian kandungan nutrisi sampel dilakukan di Laboratorium PT Sucofindo Makassar yang telah terakreditasi untuk pengujian parameter kimia bahan pakan dan produk perikanan.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kepala udang yang telah dikeringkan dan dihaluskan menjadi tepung. Peralatan yang digunakan pada tahap preparasi sampel meliputi wadah sampel, oven pengering, blender, timbangan digital, dan kantong sampel steril.

Preparasi Sampel

Limbah kepala udang dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel, kemudian dikeringkan hingga kadar air berkurang. Sampel kering selanjutnya dihaluskan menggunakan blender hingga berbentuk tepung dan disimpan dalam wadah kedap udara.

Tepung kepala udang yang diperoleh kemudian dianalisis kandungan proksimatnya menggunakan metode AOAC (Association of Official Analytical Chemist) 19th Edition 2012. Parameter yang dianalisis meliputi kadar protein, lemak, abu, dan kadar di Laboratorium PT Sucofindo.

Analisis Kandungan Nutrisi

Analisis dilakukan menggunakan metode proksimat untuk mengetahui kandungan nutrisi utama tepung kepala udang. Parameter yang dianalisis meliputi:

1. Protein Content (%)

Analisis protein dilakukan untuk mengetahui kandungan protein kasar dalam tepung kepala udang yang berpotensi menjadi sumber nutrisi utama dalam formulasi pakan ikan.

2. Fat Content (%)

Analisis lemak dilakukan untuk menentukan kandungan lemak total yang berfungsi sebagai sumber energi bagi ikan budidaya.

3. Ash Content (%)

Analisis abu dilakukan untuk mengetahui jumlah mineral total yang terkandung dalam tepung kepala udang.

4. Moisture Content (%)

Analisis kadar air dilakukan untuk menentukan tingkat kestabilan bahan selama penyimpanan dan memperkirakan umur simpan bahan baku pakan.

Seluruh pengujian dilakukan oleh Laboratorium PT Sucofindo Makassar menggunakan metode pengujian standar laboratorium yang mengacu pada prosedur analisis proksimat yang berlaku.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis proksimat tepung kepala udang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Proksimat Tepung Kepala Udang

Parameter	Satuan	Hasil
Protein	%	25,26
Lemak	%	7,03
Abu	%	23,31
Kadar Air	%	13,73

Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa tepung kepala udang memiliki kandungan protein sebesar 25,26%. Kandungan protein tersebut menunjukkan bahwa limbah kepala udang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber protein alternatif dalam formulasi pakan ikan. Tingginya kandungan protein pada kepala udang disebabkan oleh masih adanya jaringan otot, hepatopankreas, serta sisa organ internal yang mengandung protein struktural dan enzimatis dalam jumlah cukup tinggi (Shahidi & Synowiecki, 1991; Tacon & Metian, 2015). Protein merupakan komponen nutrisi utama yang berperan dalam pembentukan jaringan tubuh, sintesis enzim dan hormon, pemeliharaan sistem imun, serta mendukung pertumbuhan ikan melalui proses deposisi protein tubuh. Pada ikan budidaya, efisiensi pemanfaatan protein sangat menentukan laju pertumbuhan dan nilai konversi pakan (*feed conversion ratio/FCR*), sehingga ketersediaan bahan baku protein alternatif menjadi aspek penting dalam industri akuakultur (National Research Council (NRC), 2011; Hardy, 2010).

Kandungan protein yang diperoleh pada penelitian ini relatif sejalan dengan penelitian Rahmawati et al. dan Putri et al. yang melaporkan bahwa tepung limbah udang memiliki kandungan protein berkisar antara 20–35%. Meskipun demikian, kadar protein tepung kepala udang masih lebih rendah dibandingkan tepung ikan berkualitas tinggi yang umumnya mengandung protein lebih dari 55% (Hardy, 2010).

Hal ini menunjukkan bahwa tepung kepala udang lebih sesuai digunakan sebagai bahan substitusi parsial daripada pengganti penuh tepung ikan dalam formulasi pakan. Variasi kandungan protein antarpencapaian dapat dipengaruhi oleh spesies udang, proporsi kepala terhadap bagian tubuh lainnya, tingkat kesegaran bahan baku, metode pengeringan, suhu pemanasan, serta lama penyimpanan sebelum pengolahan (AOAC, 2019; Mohan et al., 2020). Pengeringan yang optimal mampu menurunkan kadar air sehingga meningkatkan konsentrasi nutrisi, sedangkan pemanasan yang berlebihan berpotensi menyebabkan denaturasi protein dan menurunkan kualitas biologisnya.

Selain protein, tepung kepala udang memiliki kadar lemak sebesar 7,03%. Kandungan lemak tersebut menunjukkan bahwa bahan ini dapat berfungsi sebagai sumber energi tambahan dalam formulasi pakan ikan sehingga penggunaan protein sebagai sumber energi dapat ditekan. Lemak merupakan komponen nutrisi penting yang menyediakan energi metabolik lebih tinggi dibandingkan karbohidrat maupun protein, sekaligus berperan dalam penyerapan vitamin larut lemak (A, D, E, dan K), pembentukan membran sel, serta penyediaan asam lemak esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan dan reproduksi ikan (National Research Council (NRC), 2011). Kandungan lemak pada penelitian ini masih berada dalam kisaran yang umum dijumpai pada limbah hasil pengolahan krustase, sehingga berpotensi memberikan kontribusi energi tanpa meningkatkan risiko ketengikan secara berlebihan selama penyimpanan.

Kadar lemak yang relatif sedang pada penelitian ini diduga dipengaruhi oleh proses pengeringan yang menyebabkan sebagian fraksi lipid mengalami oksidasi akibat paparan suhu dan oksigen selama pemanasan. Oksidasi lipid merupakan salah satu penyebab utama penurunan kualitas nutrisi pada bahan baku pakan berbasis hasil perikanan karena dapat mengurangi kandungan asam lemak tak jenuh dan menghasilkan senyawa hasil oksidasi yang menurunkan kualitas bahan. Fenomena serupa juga dilaporkan oleh Mohan et al. (2020) yang menyatakan bahwa pengolahan termal limbah krustase dapat memengaruhi stabilitas kandungan lipid dan komposisi asam lemak. Oleh karena itu, penerapan metode pengeringan dengan suhu terkendali menjadi faktor penting untuk mempertahankan kualitas nutrisi tepung kepala udang.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kadar abu tepung kepala udang mencapai 23,31%, yang mengindikasikan tingginya kandungan mineral pada bahan tersebut. Nilai ini terutama berasal dari eksoskeleton kepala udang yang kaya akan kalsium, fosfor, magnesium, serta mineral mikro lainnya (Shahidi & Synowiecki, 1991; Santos et al., 2020). Mineral tersebut berperan penting dalam pembentukan tulang dan sisik, menjaga keseimbangan osmotik, mendukung aktivitas enzim, serta menunjang berbagai proses fisiologis ikan (National Research Council (NRC), 2011). Kandungan mineral yang tinggi menjadi salah satu keunggulan tepung kepala udang dibandingkan beberapa bahan baku nabati yang umumnya memiliki kandungan mineral lebih rendah.

Di sisi lain, kadar abu yang tinggi juga menunjukkan tingginya proporsi komponen anorganik dan kitin dalam bahan. Kitin merupakan polisakarida penyusun eksoskeleton krustase yang memiliki tingkat pencernaan relatif rendah pada sebagian besar spesies ikan (Yuan et al., 2022). Kandungan kitin yang tinggi dapat menurunkan pencernaan nutrisi apabila tepung kepala udang digunakan dalam jumlah berlebihan pada formulasi pakan. Oleh karena itu, penggunaannya perlu disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi ikan serta dikombinasikan dengan bahan baku lain agar

keseimbangan kandungan protein, energi, dan mineral tetap terjaga. Pada beberapa penelitian, pengolahan lanjutan seperti fermentasi atau hidrolisis enzimatis juga dilaporkan mampu menurunkan kandungan kitin sehingga meningkatkan nilai nutrisi dan pencernaan bahan (Santos et al., 2020; Yuan et al., 2022).

Kadar air tepung kepala udang yang diperoleh sebesar 13,73% menunjukkan bahwa bahan memiliki stabilitas penyimpanan yang cukup baik meskipun masih mendekati batas maksimum yang umumnya direkomendasikan untuk penyimpanan bahan baku pakan. Kadar air merupakan salah satu parameter utama yang menentukan umur simpan karena berkaitan erat dengan aktivitas air (*water activity*), pertumbuhan mikroorganisme, serta kemungkinan terjadinya reaksi kimia maupun enzimatis selama penyimpanan (AOAC, 2019). Penurunan kadar air hingga di bawah batas tertentu akan menghambat pertumbuhan bakteri, kapang, dan khamir sehingga kualitas bahan dapat dipertahankan lebih lama. Oleh karena itu, pengemasan yang baik dan penyimpanan pada kondisi kering tetap diperlukan untuk menjaga mutu tepung kepala udang sebelum digunakan sebagai bahan baku pakan.

Secara keseluruhan, hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa limbah kepala udang memiliki komposisi nutrisi yang mendukung pemanfaatannya sebagai bahan baku alternatif dalam formulasi pakan ikan. Kandungan protein yang cukup tinggi, lemak sebagai sumber energi, serta mineral yang melimpah memberikan nilai fungsional yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku konvensional seperti tepung ikan (Hardy, 2010; Tacon & Metian, 2015). Walaupun demikian, kandungan abu dan kitin yang relatif tinggi menunjukkan bahwa penggunaannya lebih tepat sebagai bahan substitusi parsial sehingga diperlukan formulasi yang tepat untuk memperoleh keseimbangan nutrisi dan pencernaan pakan yang optimal.

Dari perspektif keberlanjutan, pemanfaatan limbah kepala udang sebagai bahan baku pakan memiliki nilai strategis dalam mendukung konsep ekonomi sirkular (*circular economy*) dan pembangunan akuakultur berkelanjutan. Limbah yang sebelumnya memiliki nilai ekonomi rendah dapat diolah menjadi produk bernilai tambah sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya sekaligus mengurangi beban pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah organik. Selain memberikan manfaat ekologis, pendekatan ini juga berpotensi menekan biaya produksi pakan yang selama ini didominasi oleh penggunaan tepung ikan, sehingga dapat meningkatkan daya saing usaha budidaya ikan secara ekonomi (FAO, 2022; Mohan et al., 2020). Dengan demikian, pemanfaatan tepung kepala udang tidak hanya memberikan alternatif bahan baku pakan yang bernilai gizi, tetapi juga berkontribusi terhadap pengembangan sistem akuakultur yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Karakteristik proksimat tepung kepala udang memiliki kandungan protein sebesar 25,26%, lemak 7,03%, abu 23,31%, dan kadar air 13,73%. Komposisi nutrisi tersebut menunjukkan bahwa limbah kepala udang memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku alternatif dalam formulasi pakan ikan, terutama sebagai sumber protein dan mineral. Pemanfaatan limbah kepala udang tidak hanya berpotensi meningkatkan nilai tambah limbah hasil pengolahan udang, tetapi juga mendukung upaya pengurangan limbah organik, efisiensi penggunaan sumber daya, serta pengembangan pakan ikan yang lebih ekonomis dan berkelanjutan. Penelitian

lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi tingkat pencernaan, performa pertumbuhan ikan, serta proporsi penggunaan tepung kepala udang yang optimal dalam formulasi pakan sehingga pemanfaatannya dapat diaplikasikan secara lebih luas pada kegiatan budidaya ikan.

5. Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Gorontalo atas Hibah PNBP 2026 dengan Nomor Kontrak 978/UN47.D1/PT.01.03/2026.

6. Daftar Pustaka

- Abdel-Tawwab, M., Khalil, R. H., dan Metwally, A. A. 2021. Utilization of shrimp by-products in aquafeed: Nutritional value and applications in aquaculture. *Aquaculture Reports*, 20, 100747.
- Akhmad, T., Suprayudi, M. A., dan Setiawati, M. 2019. Pemanfaatan limbah kepala udang sebagai bahan baku pakan ikan nila. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18(2), 95–103.
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21st ed.). AOAC International.
- Babu, E. P. M., Venkatesan, J., dan Kim, S. K. 2017. Utilization of seafood processing waste as a source of nutraceuticals and bioactive compounds. *Advances in Food and Nutrition Research*, 82, 35–70.
- Biju, P. J., dan Sathianandan, T. V. 2020. Shrimp waste utilization and its application in aquaculture feed production. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(4), 120–126.
- Ghaly, A. E., Ramakrishnan, V. V., Brooks, M. S., Budge, S. M., dan Dave, D. 2013. Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: A critical review. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, 5(4), 107–129.
- Handajani, H., dan Widodo, W. 2010. *Nutrisi Ikan*. UMM Press, Malang.
- Harnentis, H., Adelina, A., dan Putra, I. 2018. Analisis kandungan nutrisi tepung limbah udang sebagai bahan baku pakan ikan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 23(1), 45–52.
- Janna, M., Sijid, S. A., & Pasau, N. S. (2022). Analisis proksimat pakan ikan di Balai Budidaya Air Payau Takalar. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 2(3), 86–90.
- Kandra, P., Challa, M. M., dan Kalangi Padma Jyothi, H. 2012. Efficient use of shrimp waste: Present and future trends. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 93, 17–29.
- Khazaidan, K., & Mikdarullah. (2017). Analisis beberapa bahan pakan ikan secara proksimat. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 15(2), 83–88.
- Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P. S., De Boeck, G., dan Becker, K. 2012. Phytate and phytase in fish nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(3), 335–364.
- Kurniawan, A., Suryaningrum, T. D., & Murniyati. (2021). Pemanfaatan limbah kepala udang sebagai bahan baku pakan ikan berprotein tinggi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(2), 145–154.
- Mohan, K., Ravichandran, S., Muralisankar, T., Uthayakumar, V., Chandirasekar, R., dan Seedeivi, P. 2021. Potential uses of crustacean shell waste in aquaculture feeds. *Aquaculture International*, 29, 265–289.

- NRC (National Research Council). (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National Academies Press.
- Putri, D. A., Suharman, I., dan Adelina, A. 2022. Karakteristik proksimat tepung limbah kepala udang sebagai bahan baku pakan ikan. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 10(1), 55–63.
- Rahmawati, R., Nurjanah, N., dan Trilaksani, W. 2020. Komposisi kimia limbah kepala udang dan potensinya sebagai bahan baku pakan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2), 314–322.
- Sahwan, M. F. (2003). *Pakan Ikan dan Udang: Formulasi, Pembuatan, Analisis Ekonomi*. Penebar Swadaya.
- Sari, N. I., Santoso, L., dan Hudaidah, S. 2019. Evaluasi penggunaan tepung limbah udang pada pakan ikan budidaya. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 8(1), 1001–1008.
- Shahidi, F., dan Synowiecki, J. 2019. Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab and shrimp processing discards. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(8), 1527–1532.
- SNI. 2006. Pakan Buatan untuk Ikan. Badan Standardisasi Nasional.
- Suryaningrum, T. D., dan Muljanah, I. 2018. Pemanfaatan limbah udang untuk pengembangan produk perikanan bernilai tambah. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 6(2), 70–78.
- Suwirya, K., Marzuqi, M., & Giri, N. A. (2015). Pemanfaatan tepung limbah udang sebagai bahan baku pakan ikan budidaya. *Jurnal Riset Akuakultur*, 10(3), 421–430.
- Wahyudi, M., Hidayat, D. R., Amelda, A., Riyadi, M., Anggraeni, F., Ramadhani, A. S., Aulia, E., Sofyannor, S., Khasanah, M. S., & Marsiah. (2023). Pengolahan limbah kepala udang sebagai pakan ikan patin. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 4(4), 4564–4569.
- Wahyuni, S., dan Syahrul, S. 2021. Potensi tepung kepala udang sebagai sumber protein alternatif pada pakan ikan. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 12(2), 88–95.