

PENERAPAN TEKNOLOGI MESIN PENGERING LIMBAH KULIT UDANG UNTUK PRODUKSI PAKAN TERNAK: PENDEKATAN SIRKULAR EKONOMI UNTUK PEMBERDAYAAN NELAYAN DAN KEBERLANJUTAN LINGKUNGAN DI UD CAHAYA BERSAMA, KELURAHAN NELAYAN INDAH

Riana Puspita^{1*}, Reakha Zulvaticia², Marali Banjarnahor³

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

³Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area

*Korespondensi: puspita.riana.ie@gmail.com

ABSTRAK. Penerapan teknologi dalam pengelolaan limbah udang semakin menjadi fokus utama untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dan pemberdayaan masyarakat, terutama di daerah pesisir. Salah satu inisiatif yang diusulkan adalah pemanfaatan limbah kulit udang sebagai bahan baku pakan ternak. Berdasarkan data statistik, limbah perikanan di Indonesia, terutama dari industri pengolahan udang, mencapai sekitar 200 ribu ton per tahun, dengan 35% di antaranya berasal dari limbah kulit udang. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pemanfaatan limbah kulit udang dalam pembuatan pakan ternak melalui teknologi mesin pengering yang dikembangkan untuk mengolah limbah tersebut secara efisien. Keterbaruan dari penelitian ini terletak pada pengintegrasian teknologi mesin pengering limbah kulit udang dalam konteks pemberdayaan masyarakat nelayan pesisir, dengan pendekatan ekonomi sirkular yang mendukung keberlanjutan lingkungan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Metode yang diterapkan meliputi tahapan perencanaan, persiapan, analisis, pelaksanaan, implementasi, serta pendampingan dan evaluasi. Hasil pengabdian menunjukkan bahwa teknologi ini berhasil meningkatkan pengetahuan mitra tentang pengolahan limbah kulit udang menjadi pakan ternak bernutrisi dan meningkatkan pendapatan mereka hingga 20%. Dengan demikian, teknologi mesin pengering limbah kulit udang tidak hanya berkontribusi pada pengurangan pencemaran laut, tetapi juga memberikan solusi ekonomis yang berkelanjutan bagi masyarakat pesisir.

Kata kunci: Pengelolaan limbah, teknologi mesin pengering, limbah kulit udang, pemberdayaan masyarakat, pakan ternak.

ABSTRACT. The application of technology in waste management, particularly shrimp shell waste, has become a key focus in supporting environmental sustainability and community empowerment, especially in coastal areas. One promising initiative is the utilization of shrimp shell waste as a raw material for animal feed production. According to statistical data, the fisheries waste in Indonesia, particularly from the shrimp processing industry, amounts to approximately 200,000 tons annually, with 35% of it derived from shrimp shell waste. This study aims to explore the utilization of shrimp shell waste in animal feed production through the development of a drying machine technology designed to process this waste efficiently. The novelty of this research lies in the integration of shrimp shell drying technology within the context of coastal community empowerment, utilizing a circular economy approach that promotes environmental sustainability and enhances community welfare. The methodology includes stages of planning, preparation, analysis, implementation, as well as mentoring and evaluation. The results of this community service indicate that this technology successfully increased the partners' knowledge on processing shrimp shell waste into nutritious animal feed and boosted their income by up to 20%. Thus, the shrimp shell drying machine technology contributes not only to reducing marine pollution but also provides a sustainable economic solution for coastal communities.

Keywords: Waste management, drying machine technology, shrimp shell waste, community empowerment, animal feed.

Terima 22 Januari 2025

Terima dan di revisi 24 Januari 2025

Disetujui 27 Januari 2025



PENDAHULUAN

Penerapan teknologi dalam pengelolaan limbah semakin menjadi fokus utama dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dan pemberdayaan masyarakat, terutama di daerah pesisir. Salah satu inisiatif yang menjanjikan adalah pemanfaatan limbah kulit udang untuk produksi pakan ternak. Berdasarkan data statistik tahun 2024, sekitar 35% dari total limbah perikanan di Indonesia berasal dari industri pengolahan udang, yang setara dengan 200 ribu ton per tahun (Nag et al., 2022). Dengan mengadopsi pendekatan ekonomi sirkular, limbah ini dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber daya berharga, memberikan manfaat ekonomi yang signifikan bagi masyarakat nelayan sekaligus mendukung pelestarian lingkungan. Pengolahan limbah kulit udang diharapkan dapat meningkatkan pendapatan petani hingga 20% dan mengurangi dampak pencemaran laut hingga 15% (Nag et al., 2022).

Penggunaan limbah kulit udang sebagai pakan ternak tidak hanya mengurangi jumlah limbah, tetapi juga berpotensi meningkatkan efisiensi pakan. Limbah kulit udang mengandung chitosan, yang dapat diekstraksi dan digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan pakan ternak (Pascual-Silva et al., 2022). Penelitian menunjukkan bahwa chitosan dari limbah udang dapat meningkatkan kualitas pakan dan efisiensi pencernaan pada ternak, seperti babi dan ayam (Zulkarnain et al., 2024). Penelitian terkini menunjukkan bahwa penggunaan kulit udang dalam pakan ternak dapat meningkatkan pertumbuhan berat badan ternak hingga 15% dibandingkan dengan pakan konvensional (Bagheri et al., 2023). Selain itu, kandungan chitin dalam kulit udang dapat memperkuat sistem kekebalan tubuh ternak dan mengurangi penggunaan antibiotik hingga 30%. Dengan demikian, penerapan teknologi pengeringan limbah kulit udang dalam produksi pakan berbasis ekonomi sirkular tidak hanya memberikan solusi bagi masalah lingkungan, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan kesehatan hewan ternak (Rasool et al., 2023).

Teknologi mesin pengering limbah kulit udang merupakan inovasi yang bertujuan untuk mengubah limbah kulit udang menjadi bahan baku pakan ternak berkualitas (Siregar et al., 2024). Dengan pendekatan ekonomi sirkular, limbah yang sebelumnya dianggap

sebagai sampah dapat dimanfaatkan kembali untuk meningkatkan kesejahteraan nelayan dan menjaga keberlanjutan lingkungan di UD Cahaya Bersama, Kelurahan Nelayan Indah. Teknologi ini memberikan peluang bagi nelayan untuk menghasilkan pakan ternak yang berkualitas tinggi, sekaligus mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke laut. Pendekatan ekonomi sirkular diharapkan dapat menjaga keseimbangan lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Pemanfaatan limbah kulit udang sebagai bahan baku pakan ternak menawarkan solusi inovatif yang memberikan dampak positif bagi lingkungan dan perekonomian lokal (Ahmadzadeh et al., 2023). Dengan menggunakan teknologi mesin pengering limbah, nelayan di UD Cahaya Bersama dapat memanfaatkan sumber daya alam secara lebih efisien dan berkelanjutan. Selain itu, inisiatif ini dapat menjadi contoh bagi komunitas lain dalam mengelola limbah secara bijaksana dan produktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi dan manfaat penggunaan teknologi mesin pengering limbah kulit udang dalam pemberdayaan nelayan dan pelestarian lingkungan di Kelurahan Nelayan Indah. Meskipun demikian, terdapat potensi risiko bahwa penggunaan mesin ini dapat meningkatkan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca yang lebih tinggi. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi strategi pengelolaan limbah yang efektif guna memitigasi dampak negatif dari penggunaan teknologi ini.

Kontribusi penelitian ini terletak pada penekanan pada teknologi mesin pengering limbah kulit udang dan dampaknya terhadap lingkungan serta kesejahteraan nelayan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi yang berguna bagi pengembangan kebijakan dan praktik pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Siregar et al., 2023). Selain itu, penelitian ini dapat menjadi acuan bagi penelitian lebih lanjut dalam mengeksplorasi penggunaan teknologi pengering limbah di berbagai konteks.

Kelurahan Nelayan Indah, yang terletak di pesisir Kecamatan Labuhan Deli, Kota Medan, memiliki potensi sumber daya alam yang kaya, terutama dalam bidang perikanan. Sebagian besar masyarakat di kelurahan ini bekerja sebagai nelayan, dengan



sebagian besar berfokus pada penangkapan udang. Dalam proses pengolahan udang, banyak limbah yang dihasilkan, terutama dari pemisahan kulit dan daging udang. Berdasarkan pengamatan, sekitar 100 kg limbah dihasilkan setiap hari selama proses pelepasan kulit dan daging udang (Chen et al., 2020). Limbah kulit udang yang dikategorikan sebagai sampah tersebut biasanya dibuang ke laut, dengan harapan akan dikonsumsi oleh biota laut di sekitar pantai (Almufarij, 2023). Namun, masyarakat nelayan belum sepenuhnya menyadari dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat pembuangan limbah tersebut, yang dapat mengarah pada pencemaran laut dan kerusakan ekosistem (Hamsiah & Sugeng Nuradji, 2023).

Sejauh ini, para nelayan Kelurahan Nelayan Indah telah mencoba mengolah limbah kulit udang menjadi pakan ikan, namun mengalami kendala pada proses penjemuran karena cuaca yang tidak selalu cerah. Penggunaan sinar matahari untuk penjemuran menjadi kendala utama yang menghambat keberlanjutan proses pengolahan limbah (Poonia et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang dapat mendukung proses pengeringan limbah kulit udang untuk meningkatkan efisiensi pengolahan limbah udang menjadi pakan ternak. Dengan teknologi mesin pengering limbah kulit udang, diharapkan dapat mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, sekaligus meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat nelayan (Hamsiah & Sugeng Nuradji, 2023).

Berdasarkan analisis situasi yang dilakukan, permasalahan utama yang dihadapi oleh mitra dalam kegiatan ini adalah keterbatasan teknologi dalam mendukung proses pengolahan limbah kulit udang (Nirmal et al., 2020). Oleh karena itu, penerapan teknologi pengering limbah kulit udang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses pengolahan limbah dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Poonia et al., 2022). Teknologi ini akan memudahkan nelayan dalam memproduksi pakan ikan yang berkualitas dan mengurangi limbah yang dibuang ke laut, sehingga dapat mengurangi potensi kerusakan lingkungan akibat industri pengolahan udang.

METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan dengan melalui beberapa tahapan yang sistematis, dimulai dari perencanaan hingga evaluasi akhir. Proses ini bertujuan untuk memberikan solusi konkret terhadap permasalahan limbah udang di Kelurahan Nelayan Indah, Kecamatan Medan Labuhan. Berikut adalah deskripsi rinci dari masing-masing tahapan metode yang diterapkan dalam kegiatan ini.

1. Perencanaan

Tahap perencanaan dimulai dengan pembentukan tim pengabdian yang terdiri dari para ahli dan praktisi yang memiliki latar belakang di bidang teknologi pengolahan limbah, serta ahli dalam aspek sosial-ekonomi masyarakat setempat. Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

- **Pembentukan Tim Pengabdian:** Tim ini terdiri dari peneliti, teknisi, dan pakar sosial yang memiliki keahlian dalam teknologi pengolahan limbah udang.
- **Identifikasi Masalah dan Batasan Kegiatan:** Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah tingginya volume limbah udang yang dihasilkan dari proses pengupasan kulit dan kepala udang oleh nelayan. Batasan kegiatan meliputi pengolahan limbah udang menjadi pakan ternak bernutrisi.
- **Penetapan Tujuan Kegiatan:** Tujuan utama kegiatan ini adalah untuk mengurangi limbah udang dengan mengubahnya menjadi produk pakan ternak yang memiliki nilai ekonomi.
- **Strategi Pengabdian:** Opsi strategi yang dipilih adalah pembuatan mesin pengering limbah udang yang sederhana dan mudah digunakan oleh nelayan setempat. Teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam pengolahan limbah menjadi produk bernilai.
- **Prioritas Teknologi Perangkat Lunak:** Software yang digunakan untuk perancangan mesin pengering adalah perangkat lunak CAD (*Computer-Aided Design*) untuk menggambarkan desain awal serta analisis kebutuhan teknis mesin.

Tabel 1 kegiatan pengabdian

No	Kegiatan	Waktu Pelaksanaan	Output yang Diharapkan
1	Pembentukan tim pengabdian	Minggu ke-1	Tim pengabdian terbentuk



			dengan tugas jelas
2	Identifikasi masalah dan tujuan	Minggu ke-1	Laporan analisis masalah limbah udang
3	Penyusunan desain solusi teknis	Minggu ke-2	Desain mesin pengering siap diverifikasi

2. Persiapan

Tahap persiapan mencakup kegiatan yang lebih terperinci dan melibatkan interaksi langsung dengan mitra pengabdian. Dalam hal ini, dua FGD (*Focus Group Discussions*) dilakukan, yaitu:

- FGD Internal: Diskusi dilakukan antara tim pengabdian dengan pakar teknis untuk merumuskan desain mesin dan solusi teknis terkait pengolahan limbah udang.
- FGD dengan Mitra: FGD ini melibatkan nelayan udang dan kepala daerah untuk mengidentifikasi kebutuhan dan tantangan yang dihadapi dalam mengelola limbah udang.

3. Analisis

Tahap analisis mencakup beberapa langkah kunci yang penting untuk memastikan bahwa solusi yang ditawarkan dapat diterapkan secara efektif. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Observasi Lapangan: Tim melakukan observasi langsung terhadap proses pengupasan kulit dan kepala udang yang menghasilkan limbah. Data pengamatan ini menunjukkan bahwa setiap kilogram udang menghasilkan sekitar 30% limbah dalam bentuk kulit dan kepala.
- Studi Literatur: Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi terkait teknologi pengolahan limbah udang dan aplikasi mesin pengering limbah di industri perikanan.
- Penentuan Model Solusi: Berdasarkan hasil observasi dan studi literatur, tim memutuskan untuk merancang mesin pengering sederhana berupa oven yang mampu mengeringkan limbah udang dalam waktu yang relatif singkat.

4. Pelaksanaan dan Perancangan

Tahap ini merupakan inti dari pengembangan teknologi, yang mencakup perancangan dan pembuatan mesin pengering limbah udang. Proses perancangan dilakukan menggunakan

perangkat lunak CAD untuk memastikan desain yang efisien dan efektif. Desain mesin pengering memprioritaskan aspek kepraktisan dan kemudahan penggunaan oleh nelayan setempat. Desain Mesin Pengering: Mesin yang dirancang berupa oven dengan kapasitas pengeringan sekitar 5 kg limbah per sesi, yang dapat mengeringkan limbah dalam waktu 4 jam. Prototipe Pembuatan Mesin Pengering: Prototipe mesin pengering dibangun dengan menggunakan bahan lokal yang mudah didapatkan di sekitar Kelurahan Nelayan Indah.

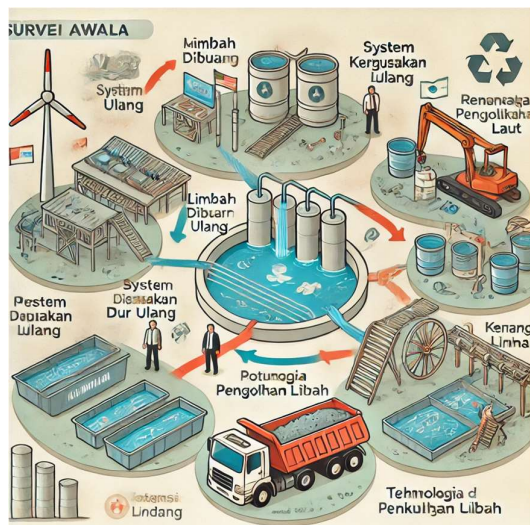
5. Implementasi dan Pengujian

Setelah prototipe selesai, tahap implementasi dilakukan untuk menguji kinerja mesin. Pada tahap ini, beberapa uji coba dilakukan untuk memastikan bahwa mesin dapat mengeringkan limbah udang dengan efisien. Integrasi Teknologi: Mesin diuji coba dengan berbagai jenis limbah udang, baik dalam kondisi kering maupun basah, untuk memastikan kinerjanya. Pengujian dan Perbaikan: Beberapa masalah teknis ditemukan, seperti suhu yang tidak merata pada beberapa bagian mesin, yang kemudian diperbaiki dengan menambahkan ventilasi dan pengaturan suhu otomatis.

Dari Diskusi ke Implementasi: Mempercepat Pengelolaan Limbah Udang



Gambar 1 proses diskusi pengolahan limbah udang



Gambar 2 alur pemecahan masalah

Jenis Luaran Yang Dihasilkan

Jenis luaran yang dihasilkan pada program pengabdian pada masyarakat ini adalah teknologi tepat guna berupa mesin pengering limbah udang yang berfungsi sebagai teknologi untuk membantu nelayan udang dalam proses pengeringan limbah udang sebagai limbah yang terbuang dari industri udang ini.

1. Permasalahan mitra tidak mampu mengolah limbah

Dalam menghadapi masalah mitra yang tidak produktif dengan membuang limbah udang sembarangan, maka dilakukan sosialisasi dalam pengolahan limbah kepala udang menjadi lebih efektif. Teknologi yang digunakan saat ini tidak memadai untuk mengelola limbah kulit udang secara efektif dan teknologi yang digunakan kurang memadai, sehingga memakan waktu lama dan biaya tinggi.

2. Partisipasi Mitra Dalam Pelaksanaan Program

Partisipasi mitra dalam pelaksanaan program kemitraan pengabdian masyarakat ini adalah mitra menyediakan lokasi dan pekerja untuk mengikuti proses pengolahan kepala udang lipan menjadi pakan ternak yang berprotein tinggi.

3. Evaluasi pelaksanaan program dan implementasi program setelah kegiatan PKM selesai dilaksanakan

Setelah keseluruhan program selesai dilaksanakan, maka akan direncanakan keberlanjutan program tersebut. Keberlanjutan program kegiatan pengabdian kepada masyarakat selesai dilaksanakan, meliputi (1)

mengevaluasi pakan ternak (2) membuat umpan balik ke tahap sebelumnya sampai pakan ternak menjadi produk yang bernutrisi (3) sebagai Mitra pemasaran teknologi tepat guna dapat di jadikan pendapatan yang dapat meningkatkan value dari masyarakat.

4. Tugas dari masing – masing anggota sesuai dengan kompetensinya dan penugasan mahasiswa

Program PKM ini akan melaksanakan koordinasi, pelaksanaan dan pemantauan serta evaluasi kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

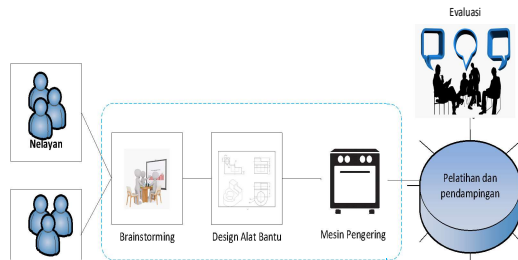
Adapun hasil dan Pembahasan dari Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan oleh tim PKM Universitas Medan Area di UD. Cahaya Bersama telah berhasil mencapai tujuan yang diharapkan. Berikut adalah hasil-hasil yang diperoleh dari kegiatan ini:

1. Pelatihan Pembuatan Teknologi pengeringan limbah kulit udang. Tim PKM telah memberikan pelatihan kepada pemilik dan karyawan UD. Cahaya Bersama tentang cara mengolah limbah kepala udang menjadi kaldu udang yang berprotein tinggi. Pelatihan ini mencakup proses pembuatan, mulai dari persiapan bahan baku, proses pengolahan, hingga pengemasan produk. Peserta pelatihan antusias mengikuti setiap tahapan dan mampu mempraktikkan sendiri pembuatan kaldu udang tersebut.
2. Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Mitra. Kegiatan PKM ini telah berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mitra dalam mengelola limbah kulit udang menjadi produk yang bernilai ekonomis.
3. Peningkatan Pendapatan Mitra. Dengan adanya kegiatan PKM ini, mitra telah mampu menghasilkan produk pakan ternak. Hal ini telah memberikan tambahan pendapatan bagi mitra dan dapat membantu meningkatkan kesejahteraan ekonomi keluarga.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini telah berjalan dengan baik dan mencapai tujuan yang diharapkan. Mitra telah memiliki keterampilan baru dalam mengolah limbah menjadi produk bernilai tambah, serta mampu memasarkan produk



tersebut secara mandiri. Diharapkan kegiatan ini dapat memberikan dampak positif bagi peningkatan kesejahteraan ekonomi mitra dan masyarakat sekitar.



Gambar 3. Gambaran IPTEK



Gambar 4. Aktivitas Pengupasan Udang

SIMPULAN

Penerapan teknologi dalam pengelolaan limbah, khususnya limbah kulit udang, di Kelurahan Nelayan Indah telah memberikan dampak positif yang signifikan baik bagi lingkungan maupun ekonomi masyarakat nelayan setempat. Berdasarkan hasil kegiatan pengabdian masyarakat ini, teknologi mesin pengering limbah kulit udang yang diterapkan telah berhasil mengatasi permasalahan pengelolaan limbah yang selama ini tidak dimanfaatkan secara optimal. Mesin ini memungkinkan limbah yang sebelumnya dibuang ke laut untuk diolah menjadi pakan ternak yang bernutrisi, mengurangi dampak pencemaran laut, dan meningkatkan pendapatan masyarakat.

Selama pelaksanaan program, tim pengabdian telah memberikan pelatihan mengenai cara mengolah limbah kulit udang menjadi kaldu udang bernutrisi tinggi dan pakan ternak. Hal ini tidak hanya meningkatkan keterampilan dan pengetahuan mitra, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru bagi mereka. Selain itu, penerapan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam proses pengolahan limbah, mengurangi

ketergantungan pada cuaca yang tidak menentu, serta mendukung keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi volume limbah yang dibuang sembarangan ke laut.

Meski demikian, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi, seperti potensi peningkatan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca yang dapat ditimbulkan oleh penggunaan mesin pengering. Oleh karena itu, penting untuk terus melakukan evaluasi dan pengembangan lebih lanjut guna meminimalkan dampak negatif tersebut.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemberdayaan masyarakat pesisir, dengan mengubah limbah menjadi produk yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan teknologi pengelolaan limbah yang lebih efisien dan berkelanjutan, tidak hanya di Kelurahan Nelayan Indah, tetapi juga di daerah pesisir lainnya di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadzadeh, S., Ajmal, T., Ramanathan, R., & Duan, Y. (2023). A Comprehensive Review on Food Waste Reduction Based on IoT and Big Data Technologies. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(4). <https://doi.org/10.3390/su15043482>
- Almufarj, R. S. (2023). Facile Formulation of New Innovative Eco-Friendly Hybrid Protective Coating for Mild Steel in Acidic Media. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(3). <https://doi.org/10.3390/su15032779>
- Bagheri, D., Moradi, R., Zare, M., Sotoudeh, E., Hoseinifar, S. H., Oujifard, A., & Esmacili, N. (2023). Does Dietary Sodium Alginate with Low Molecular Weight Affect Growth, Antioxidant System, and Haemolymph Parameters and Alleviate Cadmium Stress in Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)? *Animals*, *13*(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani13111805>
- Chen, M., Chen, X. Q., Tian, L. X., Liu, Y. J., & Niu, J. (2020). Beneficial impacts on growth, intestinal health, immune responses and ammonia resistance of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed dietary synbiotic (mannan



- oligosaccharide and *Bacillus licheniformis*. *Aquaculture Reports*, 17(March), 100408. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100408>
- Hamsiah, & Sugeng Nuradji. (2023). Edukasi Pemilahan Sampah Berbasis Masyarakat sebagai Media Reduce Sampah Ke TPA di Kelurahan Talise. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(4), 371–379. <https://doi.org/10.56338/jks.v6i4.3473>
- Nag, M., Lahiri, D., Dey, A., Sarkar, T., Pati, S., Joshi, S., Bunawan, H., Mohammed, A., Edinur, H. A., Ghosh, S., & Ray, R. R. (2022). Seafood Discards: A Potent Source of Enzymes and Biomacromolecules With Nutritional and Nutraceutical Significance. *Frontiers in Nutrition*, 9(April), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.879929>
- Nirmal, N. P., Santivarangkna, C., Rajput, M. S., & Benjakul, S. (2020). Trends in shrimp processing waste utilization: An industrial prospective. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 20–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.001>
- Pascual-Silva, C., Alemán, A., López-Caballero, M. E., Montero, M. P., & Gómez-Guillén, M. del C. (2022). Physical and Oxidative Water-in-Oil Emulsion Stability by the Addition of Liposomes from Shrimp Waste Oil with Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties. *Antioxidants*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/antiox11112236>
- Poonia, S., Singh, A. K., Jain, D., Kumar, N. M., & Singh, D. (2022). Techno-Economic Analysis of Integrated Solar Photovoltaic Winnower-Cum Dryer for Drying Date Palm Fruit. *Sustainability (Switzerland)*, 14(20), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su142013686>
- Rasool, K., Hussain, S., Shahzad, A., Miran, W., Mahmoud, K. A., Ali, N., & Almomani, F. (2023). Comprehensive insights into sustainable conversion of agricultural and food waste into microbial protein for animal feed production. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 22(2), 527–562. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09651-6>
- Siregar, Z. H., Mawardi, Alhadi, R., & Anita Christine Sembiring. (2023). Uji Karakteristik Briket Serbuk Kayu Terhadap Laju Pembakaran. *Jurnal Mekanova ...*, 9(2), 69–77. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v9i2.8445>
- Siregar, Z. H., Ramadhan, A., Syafputra, N., Mawardi, & Refiza. (2024). Rancang mesin peraut lidi kelapa sawit dengan menggunakan motor listrik kapasitas 1800 lidi / jam. *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 10(2), 515–527. <http://jurnal.utu.ac.id/jmekanova/article/view/10595/pdf>
- Zulkarnain, Z., Aziiz, W., Mukti, H., & Kurniawan, K. (2024). Sustainable and Environment-Friendly Management of Shrimp Processing Waste through High-Quality Chitosan Production. *Leuser Journal of Environmental Studies*, 2(2), 95–100. <https://doi.org/10.60084/ljes.v2i2.229>

