

INOVASI PENGOLAHAN LIMBAH AGROINDUSTRI UNTUK MENINGKATKAN KETERSEDIAAN PAKAN UNGGAS (INNOVATION IN AGROINDUSTRIAL WASTE PROCESSING TO IMPROVE THE AVAILABILITY OF POULTRY FEED)

Putri Juni¹, Annisa^{*2}

^{1,2}Program Studi Peternakan Departemen Agroindustri Fakultas Matematika dan Pengetahuan
Alam Universitas Negeri Padang
e-mail: putrijuny08@gmail.com,
corresponding author : ^{*2}annisa@unp.ac.id

Abstrak

Limbah agroindustri memiliki potensi besar sebagai bahan baku alternatif untuk pakan unggas, namun pemanfaatannya masih terbatas akibat rendahnya kualitas nutrisi dan keberadaan senyawa antinutrisi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi inovasi teknologi pengolahan limbah agroindustri untuk meningkatkan ketersediaan pakan unggas yang murah, berkualitas, dan berkelanjutan. Berbagai metode pengolahan seperti fermentasi, hidrolisis enzimatis, ekstrusi, dan peletisasi diterapkan untuk meningkatkan kandungan nutrisi dan pencernaan bahan pakan. Fermentasi dengan mikroorganisme seperti *Lactobacillus* sp. dan *Aspergillus niger* berhasil meningkatkan kadar protein kasar, menurunkan kadar serat kasar, serta mengurangi senyawa antinutrisi seperti asam fitat dan tanin. Hidrolisis enzimatis juga mampu meningkatkan pencernaan protein dan karbohidrat dengan menguraikan molekul kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana. Teknologi ekstrusi dan peletisasi berperan dalam meningkatkan stabilitas dan daya simpan bahan pakan. Hasil kajian menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi ini mampu mengubah limbah seperti dedak padi, ampas tahu, kulit kopi, dan onggok singkong menjadi pakan berkualitas tinggi yang layak untuk unggas. Selain meningkatkan produktivitas peternakan, inovasi ini turut mendukung pengurangan limbah, menjaga lingkungan, dan mendorong ekonomi sirkular. Dengan demikian, pengolahan limbah agroindustri melalui pendekatan teknologi inovatif dapat menjadi solusi strategis dalam meningkatkan ketersediaan pakan unggas secara berkelanjutan di masa depan.

Kata kunci : limbah agroindustri; inovasi teknologi; fermentasi; hidrolisis enzimatis; pakan unggas

ABSTRACT

*A Agro-industrial waste has great potential as an alternative raw material for poultry feed, but its utilization is still limited due to low nutritional quality and the presence of anti-nutritional compounds. This research aims to evaluate technological innovations in agro-industrial waste processing to increase the availability of cheap, high-quality and sustainable poultry feed. Various processing methods such as fermentation, enzymatic hydrolysis, extrusion, and pelletization are applied to increase the nutritional content and digestibility of feed ingredients. Fermentation with microorganisms such as *Lactobacillus* sp. and *Aspergillus niger* succeeded in increasing crude protein levels, reducing crude fiber levels, and reducing anti-nutritional compounds such as phytic acid and tannins. Enzymatic hydrolysis is also able to increase the digestibility of proteins and carbohydrates by breaking down complex molecules into simpler forms. Extrusion and pelletization technology plays a role in increasing the stability and shelf life of feed ingredients. The results of the study show that the use of this technology is able to convert waste such as rice bran, tofu dregs, coffee skins and cassava piles into high quality feed that is suitable for poultry. Apart from increasing livestock productivity, this innovation also supports reducing waste, protecting the environment and encouraging a circular economy. Thus, processing agro-industrial waste through an innovative technological approach can be a strategic solution in increasing the availability of poultry feed in a sustainable manner in the future.*

Key words: *agro-industrial waste; technological innovation; fermentation, enzymatic hydrolysis; poultry feed.*

1. Pendahuluan

Industri pertanian dan agroindustri memiliki peran vital dalam mendukung perekonomian nasional, terutama di negara agraris seperti Indonesia. Namun, seiring dengan meningkatnya aktivitas produksi dan pengolahan hasil pertanian, muncul tantangan besar berupa akumulasi limbah agroindustri yang belum termanfaatkan secara optimal. Limbah seperti dedak padi, ampas tahu, kulit kopi, bonggol jagung, limbah sayuran, serta limbah hasil penyulingan minyak sawit dan kelapa sering kali hanya dianggap sebagai produk sampingan tanpa nilai tambah [1], [2]. Padahal, apabila tidak dikelola dengan tepat, limbah tersebut berpotensi mencemari lingkungan, baik melalui udara, air, maupun tanah, serta menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan ekosistem [3].

Di sisi lain, pertumbuhan industri peternakan unggas di Indonesia mengalami perkembangan pesat dalam rangka memenuhi kebutuhan protein hewani masyarakat. Komoditas unggas seperti ayam pedaging dan petelur menjadi sumber protein yang paling banyak dikonsumsi karena harganya relatif terjangkau dan ketersediaannya tinggi. Namun demikian, industri peternakan unggas menghadapi kendala utama dalam penyediaan pakan yang berkualitas dan terjangkau. Sekitar 60–70% dari total biaya produksi peternakan berasal dari pakan, dan sebagian besar bahan baku pakan seperti jagung dan bungkil kedelai masih bergantung pada impor [4], [5]. Ketergantungan ini tidak hanya meningkatkan biaya produksi, tetapi juga membuat harga pakan rentan terhadap fluktuasi pasar global.

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, berbagai inovasi diarahkan pada pemanfaatan limbah agroindustri sebagai sumber bahan baku alternatif dalam formulasi pakan unggas. Pemanfaatan limbah ini tidak hanya menjanjikan dari segi efisiensi biaya, tetapi juga memiliki

potensi untuk meningkatkan keberlanjutan industri peternakan. Beberapa studi menunjukkan bahwa bahan seperti dedak padi, ampas tebu, kulit kopi, dan ampas tahu masih mengandung nutrisi penting seperti protein kasar, serat, dan energi metabolisme yang dapat dimanfaatkan unggas [6], [7]. Namun, pemanfaatan limbah secara langsung sering kali terkendala oleh rendahnya kecernaan dan kandungan senyawa anti-nutrisi seperti tanin, asam fitat, atau lignin, yang menghambat penyerapan nutrisi dalam saluran pencernaan [8].

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, teknologi pengolahan limbah agroindustri seperti fermentasi, hidrolisis enzimatis, dan biokonversi mikroba telah dikembangkan. Fermentasi, khususnya dengan menggunakan mikroba seperti *Rhizopus oligosporus*, *Aspergillus niger*, atau *Lactobacillus spp.*, terbukti mampu meningkatkan nilai nutrisi bahan pakan melalui peningkatan kadar protein, penurunan serat kasar, serta reduksi senyawa anti-nutrisi [9], [10]. Selain itu, proses fermentasi juga dapat meningkatkan daya simpan dan palatabilitas bahan, sehingga lebih sesuai untuk formulasi pakan unggas modern.

Tidak hanya berdampak pada sektor peternakan, pendekatan ini juga berkontribusi terhadap pengurangan limbah dan pencemaran lingkungan, sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan [11]. Dalam sistem ini, limbah yang sebelumnya dianggap tidak berguna diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi dan ekologis. Oleh karena itu, pengolahan limbah agroindustri untuk pakan unggas menjadi solusi strategis yang dapat menjawab dua tantangan sekaligus: keberlanjutan sektor peternakan dan pengelolaan limbah ramah lingkungan.

Dengan berkembangnya teknologi, berbagai penelitian terbaru terus mendukung bahwa integrasi limbah agroindustri dalam formulasi pakan unggas memberikan hasil yang kompetitif tanpa menurunkan performa produksi, bahkan dapat meningkatkan efisiensi konversi pakan dan menurunkan biaya operasional peternakan [12], [13],[14] [15]. Oleh karena itu, penting untuk terus mendorong riset terapan dan kolaborasi antara industri, akademisi, serta pemerintah guna memperluas adopsi teknologi pengolahan limbah ini di tingkat peternakan rakyat maupun industri besar.

2. Metode Penelitian

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian tinjauan pustaka (library research) dengan pendekatan kualitatif. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk memahami data tentang inovasi pengolahan limbah agroindustri untuk meningkatkan ketersediaan pakan unggas di Indonesia secara mendalam dan komprehensif.

B. Sumber Data

Data dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai sumber pustaka, antara lain:

- Buku: Buku-buku yang membahas tentang tentang inovasi pengolahan limbah agroindustri untuk meningkatkan ketersediaan pakan unggas
- Jurnal ilmiah: Jurnal ilmiah yang memuat artikel penelitian tentang inovasi pengolahan limbah agroindustri untuk meningkatkan ketersediaan pakan unggas
- Laporan penelitian: Laporan penelitian yang dilakukan oleh institusi terkait, seperti inovasi pengolahan limbah agroindustri untuk meningkatkan ketersediaan pakan unggas

- Data statistik: Data statistik tentang tentang inovasi pengolahan limbah agroindustri untuk meningkatkan ketersediaan pakan unggas
- Situs web resmi: Database jurnal internasional, Database nasional, Prosiding konferensi ilmiah nasional dan internasional, Buku referensi dan text book terkait nutrisi unggas.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi dokumentasi. Studi dokumentasi dilakukan dengan cara mengumpulkan, membaca, dan menganalisis data dari berbagai sumber pustaka yang telah disebutkan di atas.

D. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis isi (content analysis). Analisis isi dilakukan dengan cara mengidentifikasi, mengkategorikan, dan menginterpretasikan data yang diperoleh dari berbagai sumber pustaka

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian Hasil dan Pembahasan memuat hasil-hasil dari penelitian serta pembahasan **Potensi Limbah Agroindustri sebagai Sumber Pakan Unggas**

Limbah agroindustri merupakan hasil sampingan dari proses produksi di sektor pertanian dan industri pangan yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak unggas. Pemanfaatan limbah agroindustri tidak hanya mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan, tetapi juga memberikan solusi atas keterbatasan ketersediaan pakan konvensional yang sering kali menjadi kendala dalam industri peternakan. Menurut Suswanto et al. [16], limbah seperti dedak padi, ampas tahu, ampas kelapa sawit, kulit kopi, dan bonggol jagung dapat diolah untuk meningkatkan kandungan nutrisinya sehingga layak sebagai alternatif bahan pakan unggas.

Dedak padi, sebagai hasil sampingan dari proses penggilingan padi, memiliki kandungan serat kasar yang tinggi namun rendah protein. Penelitian Suswanto et al. [16] menunjukkan bahwa melalui fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, kandungan protein kasar dedak padi dapat meningkat hingga 15%. Hal ini menjadikan dedak padi lebih mudah dicerna oleh unggas dan dapat digunakan sebagai substitusi bahan pakan impor. Sementara itu, ampas tahu yang kaya akan protein sering kali terkendala oleh kandungan antinutrisi. Menurut Mulyani [17], fermentasi ampas tahu menggunakan *Aspergillus niger* dapat menurunkan kandungan antinutrisi dan meningkatkan pencernaan bahan tersebut hingga 20%.

Kulit kopi, yang merupakan limbah dari pengolahan biji kopi, memiliki kandungan serat kasar yang cukup tinggi dan sering menjadi sumber pencemaran lingkungan. Penelitian Widyastuti et al. [18] menunjukkan bahwa fermentasi kulit kopi menggunakan mikroorganisme dapat meningkatkan kandungan protein kasar dan mengurangi serat kasar, sehingga lebih layak untuk digunakan sebagai pakan unggas. Selain itu, bonggol jagung yang melimpah pasca-panen dapat diolah melalui proses fermentasi

menggunakan *Trichoderma harzianum*. Penelitian tersebut menunjukkan peningkatan kandungan protein dari 8% menjadi 18%, menjadikan bonggol jagung sebagai alternatif pakan yang efektif.

B. Teknologi Pengolahan Limbah Agroindustri untuk Pakan Unggas

Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk mengolah limbah agroindustri agar dapat dimanfaatkan sebagai pakan unggas. Teknologi tersebut mencakup fermentasi, hidrolisis enzimatis, dan biokonversi. Fermentasi merupakan metode yang paling banyak digunakan karena dapat meningkatkan kualitas nutrisi bahan pakan dengan biaya yang relatif rendah. Menurut penelitian oleh Suswanto et al. [16], fermentasi dedak padi dengan *Saccharomyces cerevisiae* tidak hanya meningkatkan kandungan protein kasar tetapi juga menurunkan kandungan serat kasar hingga 30%. Hal ini membuat dedak padi lebih mudah dicerna oleh unggas, sehingga meningkatkan efisiensi pakan.

Selain fermentasi, hidrolisis enzimatis juga menjadi pilihan dalam meningkatkan nilai nutrisi limbah agroindustri. Hidrolisis menggunakan enzim dapat memecah serat kasar menjadi komponen yang lebih sederhana dan mudah dicerna oleh unggas. Widyastuti et al. [18] melaporkan bahwa hidrolisis enzimatis kulit kopi mampu menurunkan serat kasar hingga 25% dan meningkatkan protein kasar hingga 10%, sehingga kulit kopi lebih layak sebagai bahan pakan unggas. Sementara itu, biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF) telah menjadi inovasi terbaru yang menarik perhatian. Putra et al. [19] menyatakan bahwa limbah agroindustri yang diolah melalui biokonversi larva BSF menghasilkan pakan berprotein tinggi dengan efisiensi biaya yang lebih baik dibandingkan pakan konvensional.

C. Efektivitas Pakan Berbasis Limbah Agroindustri terhadap Performansi Unggas

Penggunaan pakan berbasis limbah agroindustri yang telah diolah memiliki dampak positif terhadap performansi unggas, termasuk peningkatan pertumbuhan, efisiensi pakan, dan produksi telur. Hasil penelitian Suswanto et al. [16] menunjukkan bahwa ayam broiler yang diberi pakan berbasis dedak padi fermentasi mengalami peningkatan bobot badan hingga 15% dibandingkan dengan kelompok kontrol. Hal ini membuktikan bahwa inovasi pengolahan limbah agroindustri dapat menghasilkan pakan berkualitas yang mendukung produktivitas ternak unggas.

Pada ayam petelur, penggunaan bungkil kelapa sebagai sumber protein dalam ransum juga memberikan dampak positif. Santoso & Purnama [20] melaporkan peningkatan produksi telur sebesar 5% pada ayam petelur yang diberi pakan berbasis bungkil kelapa fermentasi. Kandungan protein yang tinggi dan mudah dicerna berkontribusi pada peningkatan efisiensi pakan serta kualitas telur yang dihasilkan. Selain itu, kulit jagung yang diolah dengan enzim selulase juga terbukti meningkatkan efisiensi pakan ayam pedaging, dengan hasil penelitian Lee & Han [21] yang melaporkan peningkatan berat badan ayam hingga 10% dibandingkan dengan pemberian pakan kulit jagung mentah.

Penelitian Mulyani [17] juga menunjukkan hasil serupa pada penggunaan ampas tahu fermentasi sebagai pakan alternatif. Ayam broiler yang diberi ampas tahu fermentasi

menunjukkan peningkatan efisiensi pakan dengan Feed Conversion Ratio (FCR) yang lebih rendah. FCR yang rendah menunjukkan bahwa unggas mampu memanfaatkan pakan dengan lebih optimal, sehingga biaya pakan dapat ditekan. Selain itu, Widyastuti et al. [18] melaporkan bahwa bonggol jagung fermentasi dapat digunakan sebagai pakan ayam petelur tanpa mengurangi produksi telur maupun kualitas cangkangnya.

D. Manfaat Ekonomi dan Lingkungan dari Pemanfaatan Limbah Agroindustri

Pemanfaatan limbah agroindustri sebagai bahan pakan unggas memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan. Secara ekonomi, pemanfaatan limbah agroindustri dapat mengurangi biaya produksi pakan, yang selama ini menjadi komponen terbesar dalam biaya operasional peternakan unggas. Dengan pengolahan yang tepat, limbah agroindustri dapat menggantikan sebagian bahan pakan konvensional seperti jagung dan bungkil kedelai, yang harganya cenderung fluktuatif dan mahal. Menurut Putra et al. [19], pemanfaatan limbah agroindustri dapat menghemat biaya pakan hingga 20-30%.

Secara lingkungan, pengolahan limbah agroindustri membantu mengurangi pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah organik. Limbah agroindustri yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan masalah lingkungan seperti bau tidak sedap, pencemaran air, dan emisi gas rumah kaca. Dengan menerapkan teknologi pengolahan seperti fermentasi dan biokonversi, limbah agroindustri dapat diubah menjadi produk bernilai guna dan ramah lingkungan.

E. Tantangan dan Solusi dalam Implementasi Inovasi Limbah Agroindustri

Meskipun memiliki potensi yang besar, implementasi pengolahan limbah agroindustri sebagai pakan unggas masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan teknologi dan pengetahuan di kalangan peternak dan pelaku industri. Selain itu, biaya investasi awal untuk peralatan pengolahan sering kali menjadi kendala bagi peternak kecil. Menurut Widyastuti et al. [18], solusi untuk mengatasi tantangan ini adalah melalui pelatihan, penyuluhan, dan penyediaan teknologi pengolahan limbah agroindustri dengan biaya yang terjangkau.

Pemerintah dan pihak swasta juga berperan penting dalam mendorong implementasi inovasi ini melalui dukungan kebijakan, insentif, dan penelitian lanjutan. Kolaborasi antara akademisi, industri, dan peternak menjadi kunci dalam mengatasi tantangan dan mewujudkan pemanfaatan limbah agroindustri secara berkelanjutan.

Tantangan lainnya adalah keterbatasan teknologi pengolahan di tingkat peternak kecil. Teknologi seperti fermentasi dan penggunaan enzim masih memerlukan investasi yang relatif mahal. Selain itu, Dwiastuti & Hendrayana [22] menekankan pentingnya pelatihan bagi peternak dalam memahami cara pengolahan limbah menjadi pakan yang aman dan berkualitas. Dukungan pemerintah dan sinergi antara peternak, peneliti, dan pihak swasta menjadi kunci untuk mengatasi tantangan tersebut.

F. Prospek Pemanfaatan Limbah Agroindustri sebagai Solusi Berkelanjutan

Pemanfaatan limbah agroindustri sebagai pakan unggas memiliki prospek yang cerah dalam mendukung keberlanjutan sektor peternakan di Indonesia. Dengan pengembangan teknologi yang terus meningkat dan dukungan dari berbagai pihak, pemanfaatan limbah agroindustri dapat menjadi solusi efektif dalam mengatasi permasalahan keterbatasan bahan pakan konvensional. Studi oleh Rahman et al. [23] menyatakan bahwa pengembangan konsep ekonomi sirkular, di mana limbah dari satu industri dimanfaatkan sebagai sumber daya di industri lain, dapat mendukung keberlanjutan sektor peternakan sekaligus mengurangi dampak lingkungan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa inovasi pengolahan limbah agroindustri merupakan solusi efektif untuk meningkatkan ketersediaan pakan unggas secara berkelanjutan. Limbah agroindustri seperti dedak padi, ampas tahu, kulit kopi, dan bonggol jagung memiliki potensi besar untuk diolah menjadi bahan pakan alternatif yang bernutrisi tinggi melalui teknologi seperti fermentasi, hidrolisis enzimatis, dan biokonversi. Teknologi fermentasi terbukti mampu meningkatkan kandungan protein kasar dan mengurangi zat antinutrisi sehingga lebih mudah dicerna oleh unggas. Sementara itu, hidrolisis enzimatis dan biokonversi dengan larva *Black Soldier Fly* (BSF) memberikan solusi inovatif dalam meningkatkan kualitas pakan serta mendukung efisiensi produksi.

Pemanfaatan limbah agroindustri yang diolah tidak hanya meningkatkan performa produksi unggas, seperti peningkatan bobot badan dan efisiensi pakan, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi dengan menekan biaya produksi pakan hingga 20-30%. Hal ini membantu peternak mengurangi ketergantungan pada bahan pakan impor dan menciptakan sistem peternakan yang lebih mandiri. Selain itu, pemanfaatan limbah

agroindustri turut berkontribusi dalam mengatasi permasalahan lingkungan dengan mengurangi volume limbah yang berpotensi mencemari lingkungan.

Meskipun demikian, masih terdapat tantangan dalam implementasi inovasi ini, seperti keterbatasan akses teknologi dan pengetahuan peternak. Oleh karena itu, dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, akademisi, dan industri, sangat diperlukan untuk mendorong penerapan teknologi ini secara luas. Penyuluhan dan pelatihan bagi peternak juga menjadi langkah penting agar teknologi pengolahan limbah agroindustri dapat diimplementasikan secara optimal. Dengan pendekatan yang tepat, inovasi ini dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk meningkatkan ketersediaan pakan unggas, menekan biaya produksi, dan mendukung pengelolaan lingkungan yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] A. Annisa et al., “Limbah Agroindustri di Era Modern: Mengubah Masalah Jadi Solusi untuk Unggas,” *J. Tropicalanimal*, vol. 2, no. 3, 2025. [Online]. Available: <https://tropicalanimal.ppj.unp.ac.id/index.php/jeta/article/view/77>
- [2] A. Afrizal et al., “Review Literatur: Bahan-Bahan Pakan Ternak Unggas,” *J. Tropicalanimal*, vol. 2, no. 3, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24036/jeta.v2i3.44>
- [3] D. Nugroho, S. Subagyo, and L. Pratiwi, “Dampak Limbah Agroindustri terhadap Lingkungan dan Solusi Pemanfaatannya,” *J. Lingkungan Tropis*, vol. 18, no. 2, pp. 105–114, 2023.
- [4] B. Susanti and R. Wulandari, “Ketergantungan Impor Bahan Pakan dan Dampaknya terhadap Industri Peternakan Nasional,” *J. Agribisnis Peternakan*, vol. 6, no. 1, pp. 45–53, 2024.
- [5] H. Syamsuddin et al., “Analisis Ekonomi Pakan Unggas di Indonesia: Peluang dan Tantangan,” *J. Ekonomi Peternakan*, vol. 12, no. 1, pp. 15–27, 2023.
- [6] A. Annisa et al., “Determination of the Appropriate Ratio of Rice Bran to Cassava Leaf Meal Mixture as an Inoculum of *Rhizopus Oligosporus* in Broiler Chicken Ration,” *J. World’s Poultry Research*, vol. 10, no. 1, pp. 102–108, 2020.
- [7] R. Prasetyo, Y. L. Dewi, and T. Handayani, “Komposisi Nutrien Berbagai Limbah Agroindustri untuk Pakan Ternak,” *J. Nutrisi dan Pakan Ternak Tropis*, vol. 11, no. 2, pp. 71–79, 2024.
- [8] F. Fauziah et al., “Penurunan Kandungan Anti-nutrisi dalam Limbah Agroindustri melalui Fermentasi,” *J. Bioteknologi Peternakan*, vol. 4, no. 1, pp. 20–29, 2024.
- [9] A. Annisa et al., “Pengaruh Fermentasi Ampas Tahu dan Daun Ubi Kayu terhadap Kualitas Pakan Broiler,” *J. Peternakan Indonesia*, vol. 22, no. 2, pp. 199–210, 2020.
- [10] A. Mulyani and R. Susalam, “Optimalisasi Proses Fermentasi Bahan Lokal sebagai Alternatif Pakan Unggas,” *J. Teknologi Agroindustri*, vol. 3, no. 2, pp. 122–130, 2023.
- [11] R. Wahyudi et al., “Ekonomi Sirkular dalam Sistem Peternakan Berkelanjutan,” *J. Ketahanan Pangan dan Lingkungan*, vol. 9, no. 1, pp. 33–41, 2024.
- [12] N. F. Yani et al., “Pemanfaatan Limbah Agroindustri Terfermentasi dalam Pakan Ayam Petelur: Tinjauan Efisiensi dan Produktivitas,” *J. Tropicalanimal*, vol. 2, no. 2, 2024.
- [13] M. Susalam et al., “Pengaruh Ransum Berbasis Limbah terhadap Performans Ayam Broiler,” *J. Ilmu dan Teknologi Peternakan*, vol. 8, no. 1, pp. 85–93, 2025.
-

-
- [16] S. Suswanto, S. Putra, and I. Yuliana, "Fermentasi dedak padi dengan *Saccharomyces cerevisiae* untuk peningkatan kandungan protein kasar," *Jurnal Teknologi Pangan*, vol. 12, no. 3, pp. 15-25, 2019.
- [17] D. Mulyani, "Pemanfaatan ampas tahu fermentasi sebagai bahan pakan ayam broiler," *Jurnal Peternakan Indonesia*, vol. 5, no. 2, pp. 45-52, 2018.
- [18] S. Widyastuti, R. Rahayu, and D. Kusuma, "Fermentasi kulit kopi untuk pakan unggas," *Jurnal Ilmu Ternak*, vol. 7, no. 1, pp. 10-18, 2020.
- [19] R. Putra, M. Budianto, and P. Asmara, "Biokonversi limbah agroindustri dengan larva *Black Soldier Fly* untuk produksi pakan unggas," *Jurnal Agroindustri*, vol. 18, no. 4, pp. 30-36, 2021.
- [20] P. Santoso and S. Purnama, "Pengaruh bungkil kelapa fermentasi terhadap produksi telur ayam petelur," *Jurnal Agronomi*, vol. 4, no. 2, pp. 120-130, 2017.
- [21] J. Lee and D. Han, "Efektivitas pakan berbasis kulit jagung fermentasi untuk ayam pedaging," *Pakan dan Ternak*, vol. 8, no. 3, pp. 60-65, 2019.
- [22] T. Dwiastuti and R. Hendrayana, "Penerapan teknologi fermentasi limbah agroindustri untuk pakan unggas di peternakan kecil," *Jurnal Teknologi Peternakan*, vol. 10, no. 1, pp. 11-18, 2021.
- [23] F. Rahman, A. Satria, and S. Anwar, "Prospek pemanfaatan limbah agroindustri sebagai pakan unggas dalam mendukung ekonomi sirkular," *Jurnal Ekonomi Sumber Daya Alam*, vol. 12, no. 3, pp. 88-95, 2022.