



Pemberdayaan Kelompok Tani 'Taju-Ternak' Melalui Diversifikasi Pakan Berbasis Azolla dan Teknologi Tepat Guna

Empowering the 'Taju-Ternak' Farmer Group Through Azolla-Based Feed Diversification and Appropriate Technology

Alang Sunding^{1*}, Fahrudin Wakano², Muhammad Ikhsan¹

¹ Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Bosowa, Makassar, Indonesia

² Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Politeknik Pertanian negeri Pangkajene Kepulauan, Pangkep, Indonesia

*Email Korespondensi: Alang.sunding@gmail.com

Abstrak

Program pengabdian ini bertujuan memberdayakan peternak itik melalui transfer teknologi budidaya Azolla sebagai pakan alternatif sumber protein lokal untuk mengurangi ketergantungan pada konsentrat komersial. Kegiatan dilaksanakan di Desa Takalar, Kabupaten Takalar, dengan mitra kelompok ternak "Taju-ternak" yang beranggotakan delapan peternak. Metode pelaksanaan meliputi identifikasi permasalahan dan kebutuhan peternak, sosialisasi dan penyuluhan mengenai potensi azolla, pelatihan budidaya azolla melalui demonstrasi kolam sederhana, serta aplikasi pemanfaatan azolla dalam ransum itik dengan proporsi 10–20%. Selain itu, diberikan bantuan mesin pengolah pakan (chopper, penepung, mixer, dan pelet) hasil produksi teaching factory Politeknik Bosowa untuk mendukung efisiensi pengolahan pakan. Hasil program menunjukkan peningkatan pengetahuan peternak, dibuktikan dengan kenaikan nilai rerata dari 68,2 (pre-test) menjadi 88,9 (post-test). Peternak mampu membudidayakan azolla secara mandiri, memanfaatkan mesin pengolah pakan, serta mulai menambahkan azolla dalam ransum itik. Kegiatan ini juga menurunkan biaya pakan dan meningkatkan efisiensi waktu kerja peternak. Disarankan agar kelompok ternak terus mengembangkan budidaya azolla secara berkelanjutan dan memaksimalkan pemanfaatan mesin pakan untuk mendukung kemandirian serta keberlanjutan usaha peternakan itik rakyat.

Kata kunci: azolla, pakan alternatif, pemberdayaan peternak, itik, teknologi tepat guna.

Abstract

This community service program aims to empower duck farmers through the transfer of Azolla cultivation technology as an alternative feed source of local protein to reduce dependence on commercial concentrates. The activity was carried out in Takalar Village, Takalar Regency, with the partner livestock group "Taju-ternak" consisting of eight farmers. The implementation method included identifying problems and needs of farmers, socialization and counseling regarding the potential of azolla, azolla cultivation training through simple pond demonstrations, and the application of azolla utilization in duck rations with a proportion of 10-20%. In addition, assistance was provided with feed processing machines (choppers, flour mills, mixers, and pellets) produced by the Bosowa Polytechnic teaching factory to support feed processing efficiency. The program results showed an increase in farmer knowledge, evidenced by an increase in the average score from 68.2 (pre-test) to 88.9 (post-test). Farmers were able to cultivate azolla independently, utilize feed processing machines, and began adding azolla to duck rations. This activity also reduced feed costs and increased the efficiency of farmers' work time. It is recommended that livestock groups continue to develop sustainable azolla cultivation and maximize the use of feed machines to support the independence and sustainability of smallholder duck farming businesses.

Keywords: azolla, alternative feed, farmer empowerment, ducks, appropriate technology.

Pesan Utama:

- Program pengabdian berhasil meningkatkan pemahaman peternak tentang potensi dan teknik budidaya azolla. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan rerata nilai pengetahuan peserta dari 68,2 (*pre-test*) menjadi 88,9 (*post-test*). Peternak juga terampil dalam membuat kolam azolla, memanen, menyimpan, hingga mengaplikasikannya dalam ransum itik.
- Peternak mulai menerapkan azolla pada pakan itik dengan proporsi 10–20% serta memanfaatkan mesin pengolah pakan (*chopper*, penepung, *mixer*, dan pelet). Penggunaan teknologi ini tidak hanya menurunkan biaya pakan tetapi juga meningkatkan efisiensi waktu kerja, sehingga mendukung keberlanjutan usaha peternakan itik rakyat.



Copyright (c) 2026 Authors.

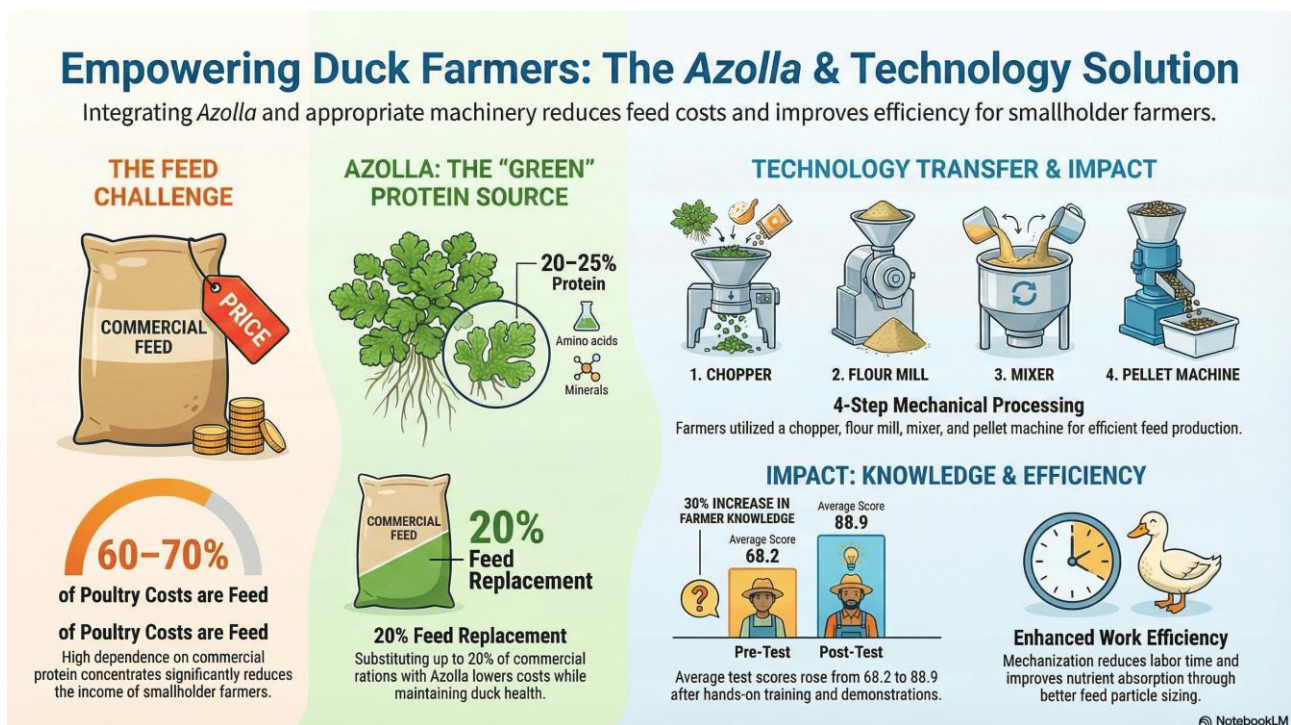
Received: 23 September 2025
Accepted: 27 November 2025

DOI: <https://doi.org/10.56303/jppmi.v5i1.880>



This work is licensed under
a Creative Commons Attribution-
NonCommercial-ShareAlike 4.0
International License

GRAPHICAL ABSTRACT



PENDAHULUAN

Tantangan dalam kegiatan budidaya peternakan khususnya yang bergerak dibidang perunggasan seperti ternak bebek adalah tingginya biaya pakan ternak. Menurut (Biesek et al., 2022) biaya pakan pada budidaya unggas dapat mencapai 60-70%. Salah satu penyebab dari tingginya biaya pakan adalah ketergantungan peternak pada konsentrat komersial sebagai sumber protein untuk mendukung produksi ternak. Harga bahan pakan sumber protein yang fluktuatif juga secara signifikan mempengaruhi pendapatan peternak bebek (Buccaro et al., 2023). Masalah ini dapat diatasi melalui berbagai strategi yang bertujuan mengurangi biaya pakan sambil menjaga efisiensi produksi. Salah satu alternatif sumber protein yang berpotensi untuk dikembangkan untuk meningkatkan pendapatan peternak.

Azolla (*Azolla pinnata*) adalah tumbuhan pakis air kecil yang mengapung dan bersimbiosis dengan sianobakteri *Anabaena Azolla*, yang dapat mengikat N₂ atmosfer (Pereira, 2018)). *Azolla* berpotensi sebagai alternatif bahan pakan sumber protein. (Balfany et al., 2023) melaporkan bahwa *Azolla* mengandung 25-30% protein kasar, kaya akan asam amino esensial, vitamin, dan mineral. Selain itu juga mengandung beberapa fitokimia, asam amino, dan asam lemak yang berharga. Komponen bioaktif ini berkontribusi pada beragam khasiat yang bermanfaat dan terapeutik, seperti antioksidan, antiinflamasi, antidiabetes, dan gastroprotektif (Maswada et

al., 2021). Oleh karena itu, azolla dapat digunakan sebagai sumber protein non-konvensional dalam pakan ternak (Mishra et al., 2020). Memanfaatkan Azolla dapat secara signifikan mengurangi biaya pakan dibandingkan dengan sumber pakan tradisional (Brunetti et al., 2022).

Meskipun memiliki potensi besar, pemanfaatan azolla sebagai pakan itik di tingkat peternak masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan oleh rendahnya pengetahuan peternak mengenai teknik budidaya azolla, keterbatasan sarana produksi, serta minimnya pendampingan teknologi tepat guna. Akibatnya, peternak masih sepenuhnya mengandalkan konsentrat komersial sebagai pakan utama.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan program pengabdian kepada masyarakat berupa pemberdayaan peternak itik melalui transfer teknologi budidaya azolla. Program ini tidak hanya bertujuan memperkenalkan azolla sebagai pakan alternatif, tetapi juga memberikan keterampilan praktis dalam membudidayakan dan memanfaatkannya secara berkelanjutan. Dengan demikian, diharapkan peternak mampu mengurangi ketergantungan pada konsentrat, menekan biaya produksi, serta meningkatkan kemandirian dan keberlanjutan usaha peternakan itik.

METODE

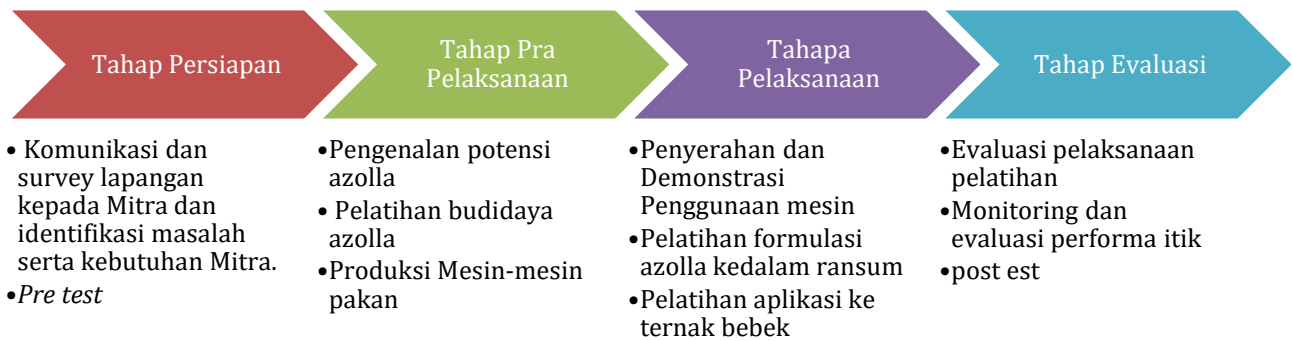
Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Desa Takalar, Kecamatan Takalar, Kabupaten Takalar. Mitra kegiatan adalah salah satu kelompok peternak itik yang berada Desa tersebut dengan nama kelompok ternak Taju-ternak yang beranggotakan 8 orang peternak itik dengan lokasi kandang tersebar dengan jarak 100-370 m dari lokasi kandang ketua kelompok ternak. Lokasi dan Mitra pelaksanaan pengabdian ini dipilih berdasarkan skala kelompok dan skala usaha dari masing-masing anggota yang masih terbilang kecil dan baru, sehingga belum banyak mendapatkan informasi terkait manajemen pemeliharaan dan pemberian pakan. Tentunya kelompok ternak ini juga mengalami permasalahan tingginya biaya pakan dan belum adanya pemanfaatan sumber protein lokal. Oleh karena itu, Mitra kami pilih agar dengan harapan para peternak dapat memanfaatkan potensi sumber protein lokal seperti azolla sehingga tidak terlalu bergantung pada pakan komersil.

Kegiatan pengabdian dilaksanakan secara bertahap dimulai dengan identifikasi masalah dan kebutuhan peternak untuk mengetahui pola pemberian pakan, biaya produksi, dan kendala usaha yang dihadapi peternak, dengan metode wawancara dan diskusi kelompok digunakan untuk menggali persepsi peternak terkait pemanfaatan pakan alternatif. Kemudian, melakukan sosialisasi dan penyuluhan untuk menyampaikan materi mengenai potensi azolla sebagai sumber protein lokal, manfaat dalam pakan itik, serta keunggulannya dibanding konsentrat dengan metode ceramah dan diskusi interaktif. Pada tahap ini juga dilakukan evaluasi pengetahuan peternak melalui kegiatan *pre-test* yang mencakup pertanyaan mengenai pengetahuan tentang azolla, teknik budidaya, serta pemanfaatannya sebagai pakan ternak. Selanjutnya, melaksanakan pelatihan budidaya azolla dengan cara demonstrasi pembuatan kolam azolla menggunakan bahan lokal seperti terpal, atau spanduk bekas, dilanjutkan dengan praktik inokulasi bibit azolla, pemberian nutrisi (pupuk organik), serta pengelolaan panen dan penjelasan cara penyimpanan azolla (segar dan kering) serta formulasi sederhana untuk campuran pakan itik.

Pada kegiatan pengabdian ini juga dilaksanakan pemberian bantuan berupa mesin-mesin pengolah pakan kepada mitra berupa mesin pencacah, mesin penepung, mesin pencampur dan mesin pelet. Mesin-mesin tersebut merupakan produk yang diproduksi sendiri dari *teaching factory* Politeknik Bosowa, dengan melibatkan mahasiswa dan dosen dalam prosesnya. Mesin-mesin tersebut dihibahkan kepada kelompok ternak agar dapat dimanfaatkan untuk mengolah bahan-bahan pakan sebelum diberikan ke ternak itik.

Langkah selanjutnya adalah aplikasi dalam pakan itik dengan cara uji coba pemberian azolla dalam pakan itik dengan proporsi 10–20% dari total ransum dan melibatkan peternak secara langsung dalam proses demonstrasi penggunaan mesin-mesin pakan hingga pemberian pakan ke ternak. Selanjutnya, pendampingan dan monitoring yang dilakukan dengan cara pemantauan rutin setiap minggu untuk mengevaluasi pertumbuhan azolla, produksi itik (telur atau bobot badan), serta respon peternak terhadap teknologi yang diperkenalkan, dilanjut dengan diskusi kelompok dilakukan untuk membahas kendala dan mencari solusi bersama. Setelah hasil diskusi diperoleh selanjutnya dilakukan evaluasi dan refleksi yang dilakukan melalui perbandingan kondisi sebelum dan sesudah program, dengan melaksanakan kegiatan *post-test* yang berisi pertanyaan terkait materi

yang sama dengan *pre-test*, selanjutnya evaluasi biaya pakan per ekor, produksi itik, dan refleksi bersama kelompok peternak dilakukan untuk menyusun rencana keberlanjutan program.



Gambar 1 Bagan Alur Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan kunjungan kelokasi Mitra sekaligus sosialisasi dan pemberian materi mengenai pengenalan dan potensi azolla sebagai pakan alternatif dan pelatihan budidaya azolla, sekaligus melaksanakan *pre-test* pada peserta. Kegiatan dihadiri oleh 11 orang peserta yang terdiri dari 8 orang peternak yang merupakan anggota kelompok mitra, kepala desa, dan 2 orang staff kantor Desa Sawakong Kecamatan Galesong Selatan, Kabupaten Takalar. Dalam prosesnya, anggota tim pengabdian melakukan *pre-test* untuk mengetahui tingkat pemahaman peserta terkait mater yang akan diberikan yang hasilnya disajikan pada Tabel 1. Kemudian, pemberian materi terkait pengenalan azolla dan potensinya dilakukan.



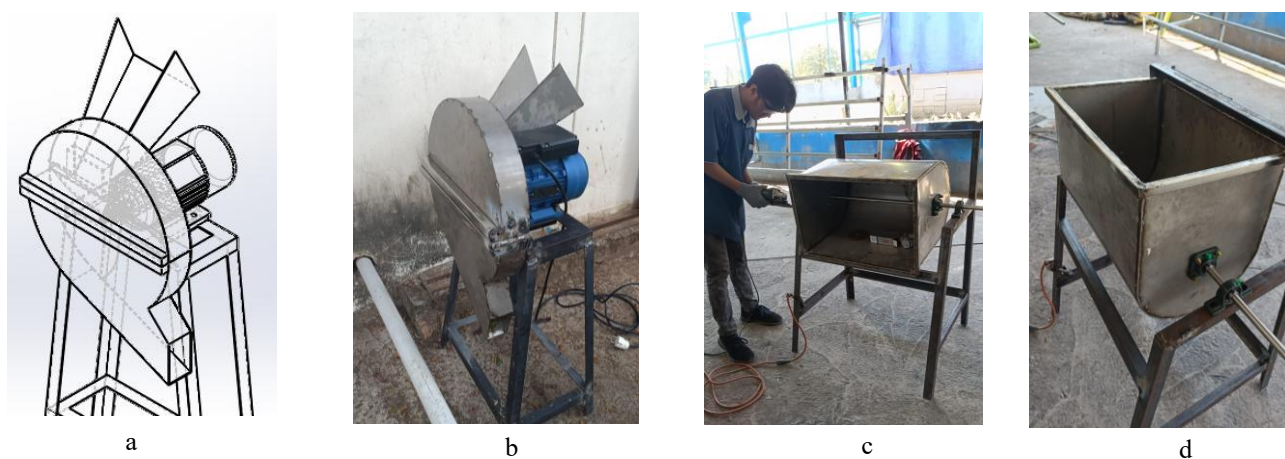
Gambar 2. pemberian materi mengenai pengenalan dan potensi azolla sebagai pakan alternatif dan pelatihan budidaya azolla

Setelah proses pemberian materi selesai, kegiatan dilanjutkan dengan demonstrasi budidaya azolla, proses pemanenan dan penyimpanannya (Gambar 3). Para peternak mitra menyiapkan kolam azolla, kemudian diisi air dan menaburkan benih azolla kedalam kolam. Kemudian azolla dibiarkan berkembang hingga siap panen dan dikeringkan untuk disimpan. Kegiatan ini melibatkan seluruh anggota mitra yang dipimpin langsung oleh ketua kelompok ternak.

Kegiatan selanjutnya yaitu proses perakitan mesin-mesin pakan yang dilakukan di *teaching factory* Politeknik Bosowa (Gambar 4). Proses perakitan mesin berlangsung selama \pm 2 bulan. Dalam prosesnya mesin-mesin pakan dibuat berdasarkan desain dari masing-masing mesin yang telah beredar di masyarakat, kemudian dimodifikasi untuk menyesuaikan dengan kebutuhan. Kegiatan selanjutnya adalah kunjungan kedua dengan kegiatan penyerahan mesin-mesin pakan yang telah dirakit, demonstrasi penggunaan mesin-mesin pakan, pelatihan formulasi ransum, dan pengaplikasiannya pada ternak. Kegiatan ini dilaksanakan di lokasi kandang ketua kelompok ternak, mesin-mesin yang telah dirakit disusun berdasarkan urutan proses pengolahan pakan agar memudahkan demonstrasi penggunaan mesin kepada peternak.



Gambar 3. Proses pelatihan budidaya azolla. a) Pembuatan kolam; b) Penaburan Benih; c) Pemanenan; d) Pengeringan



Gambar 4. Proses perakitan mesin-mesin pengolah pakan; a) Desain mesin *chopper*; b) Mesin *Chopper*; c) Proses perakitan mesin *mixer*; d) Mesin *mixer*.



Gambar 5. Proses serah terima dan penjelasan jenis serta fungsi dari masing-masing mesin pengolah pakan

Setelah proses serah terima, kegiatan dilanjutkan dengan demonstrasi langsung oleh peternak terkait penggunaan mesin-mesin pakan (Gambar 6). Masing-masing mesin dijelaskan mengenai fungsi, tatacara penggunaan seta perawatannya, agar mesin dapat terus beroperasi secara optimal.



Gambar 6. Demonstrasi penggunaan mesin-mesin pengolah pakan; a) Mesin *chopper*; b) Mesin Penepung; c) Mesin *mixer*; d) Mesin pelet

Selama proses kegiatan pengabdian seluruh peserta antusias untuk mengikuti setiap proses baik dari pemberian materi maupun pelatihan budidaya azolla dan demonstrasi penggunaan mesin-mesin pengolah pakan. Adapun luaran yang dicapai dalam kegiatan ini adalah adanya peningkatan pengetahuan peserta tentang potensi serta teknik budidaya azolla serta mesin-mesin pengolah pakan ternak. Peningkatan pengetahuan peserta diperoleh melalui *pre test* dan *post test*, adapun hasil dari *pre test* dan *post test* disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Pengetahuan Peserta Sebelum dan Setelah Edukasi Potensi serta teknik Budidaya Azolla

Jenis Test	Nilai Minimal-Maksimal	Rata-rata
<i>Pre-Test</i>	30-80	68,2 ± 6,0
<i>Post-Test</i>	75-100	88.9 ± 2,3

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa proses transfer ilmu melalui metode ceramah, pelatihan langsung dan demonstrasi dapat meningkatkan pengetahuan peserta. Rata-rata nilai *pre-test* sebesar 68.2, kemudian meningkat menjadi 88.9 pada *post-test* dengan standar deviasi masing-masing test adalah 6.0 dan 2.3 yang menunjukkan bahwa variasi atau rentang nilai dari semua peserta yang awalnya sangat beragam pada *pre-test* menjadi lebih sedikit seragam pada *post-test*. Data tersebut menunjukkan betapa pentingnya edukasi dalam meningkatkan pengetahuan dan transfer informasi pada masyarakat khususnya peternak.

Ketergantungan terhadap pakan komersil memiliki pengaruh signifikan terhadap total biaya produksi dalam usaha peternakan seperti ternak itik. Biaya produksi berpengaruh secara langsung pada pendapatan peternak itik, bagi peternak skala besar terlebih skala kecil. (Buccaro et al., 2023) menyatakan bahwa menambahkan sumber protein alternatif (APS) seperti azolla ke dalam pakan unggas berpotensi mengurangi biaya dan dampak lingkungan. (Ramukhithi et al., 2023) menambahkan, menurunkan biaya pakan melalui strategi alternatif dapat secara signifikan meningkatkan kelayakan ekonomi peternakan bebek skala kecil.

Bagi peternak itik skala kecil, sangat direkomendasikan untuk memanfaatkan pakan-pakan alternatif seperti azolla agar tidak terlalu bergantung pada pakan komersil menekan biaya produksi, sehingga dapat memaksimalkan pendapatan agar usaha yang dijalankan dapat berkembang, azolla kaya akan protein dan nutrisi penting, dengan mengganti hingga 20% pakan konvensional dengan azolla dapat meningkatkan tingkat pertumbuhan dan kesehatan secara keseluruhan pada ternak (Refaey et al., 2023). Menggabungkan azolla dapat menyebabkan penghematan biaya yang signifikan, karena merupakan alternatif pakan berbiaya rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggantian pakan sebagian dengan bahan bersumber lokal, seperti azolla, dapat meningkatkan margin keuntungan bagi petani skala kecil (Biesek et al., 2022). Budidaya Azolla juga dapat meningkatkan kesehatan tanah dan keanekaragaman hayati, selaras dengan prinsip pengelolaan nutrisi ekologi (Drinkwater & Snapp, 2022). Meskipun azolla menghadirkan banyak manfaat, adopsinya memerlukan pertimbangan kondisi lokal, seperti iklim dan ketersediaan air, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan distribusinya (Lydia et al., 2023).

Penggunaan mesin-mesin pakan dalam usaha peternakan juga terbukti sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi tenaga dan waktu yang digunakan. Selain itu penggunaan mesin pengolah pakan juga secara tidak langsung mempengaruhi konsumsi dan pencernaan ternak itik dalam mencerna makanan, sehingga akan sangat berdampak terhadap peningkatan performa ternak itik. (Du et al., 2022) melaporkan bahwa mesin pengolah pakan mengurangi waktu dan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk memberi makan ternak, memungkinkan operasi pertanian yang lebih efisien. Hal ini sangat penting dalam usaha peternakan, di mana model konsumsi energi dapat membantu mengoptimalkan strategi pengelolaan. Selain itu, Ebbing et al., (2022) juga melaporkan bahwa metode pengolahan pakan, seperti penggunaan *chopper*, mesin penepung dan *mixer*, meningkatkan pencernaan nutrisi dengan memperkecil ukuran pakan pakan serta menghomogenkan campuran pakan, memungkinkan perlekatan enzim dan penyerapan nutrisi yang lebih baik.

Ukuran partikel pakan sangat penting karena partikel yang lebih halus meningkatkan luas permukaan untuk penyebaran enzim, meningkatkan pemanfaatan nutrisi. Namun, partikel yang sangat halus dapat mempengaruhi kesehatan usus secara negatif, hal ini menunjukkan bahwa keseimbangan bentuk partikel harus disesuaikan (Kiarie & Mills, 2019; Zaefarian et al., 2016). Studi pada ternak bebek telah menunjukkan bahwa pengolahan pakan dapat mempertahankan atau bahkan meningkatkan performa pertumbuhan tanpa efek buruk pada kualitas daging (Biesek et al., 2022).

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian ini menyimpulkan bahwa transfer teknologi budidaya Azolla dan penggunaan mesin pengolah pakan berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peternak mitra. Peningkatan ini ditunjukkan oleh kenaikan pemahaman pasca-pelatihan serta kemampuan mitra dalam mengaplikasikan Azolla pada ransum itik dan mengoperasikan mesin pakan secara mandiri. Disarankan agar kelompok 'Taju-ternak' secara konsisten melanjutkan budidaya Azolla dan memanfaatkan mesin pakan untuk mencapai kemandirian pakan. Peran pendampingan lanjutan dari perguruan tinggi dan dukungan dari pemerintah desa diperlukan untuk memastikan keberlanjutan program dan potensi replikasinya pada kelompok peternak lain.

PENDANAAN

Pengabdian kepada masyarakat ini didanai oleh Poltekkes Kemenkes Mamuju berdasarkan SK Direktur No. 003/LIPK/PKS-PBSW/V-2025.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi Sains dan Teknologi, Direktur Politeknik Bosowa dan Direktur Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan yang telah mendukung sepenuhnya kegiatan Pengabdian Masyarakat ini sehingga terlaksana sesuai dengan yang diharapkan.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Balfany, C., Gutierrez, J., Moncada, M., & Komarnytsky, S. (2023). Current Status and Nutritional Value of Green Leaf Protein. *Nutrients*, *15*(6), 1327. <https://doi.org/10.3390/nu15061327>
- Biesek, J., Banaszak, M., Grabowicz, M., Wlazlak, S., & Adamski, M. (2022). Production Efficiency and Utility Features of Broiler Ducks Fed with Feed Thinned with Wheat Grain. *Animals*, *12*(23), 3427. <https://doi.org/10.3390/ani12233427>
- Brunetti, L., Leuci, R., Colonna, M. A., Carrieri, R., Celentano, F. E., Bozzo, G., Liodice, F., Selvaggi, M., Tufarelli, V., & Piemontese, L. (2022). Food Industry Byproducts as Starting Material for Innovative, Green Feed Formulation: A Sustainable Alternative for Poultry Feeding. *Molecules*, *27*(15), 4735. <https://doi.org/10.3390/molecules27154735>
- Buccaro, M., Toscano, A., Balzarotti, M., Re, I., Bosco, D., & Bettiga, M. (2023). Techno-Economic Assessment of APS-Based Poultry Feed Production with a Circular Biorefinery Process. *Sustainability*, *15*(3), 2195. <https://doi.org/10.3390/su15032195>
- Drinkwater, L. E., & Snapp, S. S. (2022). Advancing the science and practice of ecological nutrient management for smallholder farmers. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.921216>
- Du, L., Yang, L., Yang, C., Hu, C., Yu, C., Qiu, M., Liu, S., Zhu, S., & Ye, X. (2022). Development and Validation of an Energy Consumption Model for Animal Houses Achieving Precision Livestock Farming. *Animals*, *12*(19), 2580. <https://doi.org/10.3390/ani12192580>
- Ebbing, M. A., Yacoubi, N., Naranjo, V., Sitzmann, W., Schedle, K., & Gierus, M. (2022). Towards Large Particle Size in Compound Feed: Using Expander Conditioning Prior to Pelleting Improves Pellet Quality and Growth Performance of Broilers. *Animals*, *12*(19), 2707. <https://doi.org/10.3390/ani12192707>
- Kiarie, E. G., & Mills, A. (2019). Role of Feed Processing on Gut Health and Function in Pigs and Poultry: Conundrum of Optimal Particle Size and Hydrothermal Regimens. *Frontiers in Veterinary Science*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00019>
- Lydia, N., Basamba, T. A., Nyakoojo, C., Mustafa, A. S., Saidi, N., Mutumba, G. M., & Ssenku, J. E. (2023). Ecological distribution and genetic diversity of *Azolla* in Uganda. *BMC Plant Biology*, *23*(1), 131. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04146-6>
- Maswada, H. F., Abd El-Razek, U. A., El-Sheshtawy, A.-N. A., & Mazrou, Y. S. A. (2021). Effect of *Azolla filiculoides* on Growth, Physiological and Yield Attributes of Maize Grown under Water and Nitrogen Deficiencies. *Journal of Plant Growth Regulation*, *40*(2), 558–573. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10120-5>
- Mishra, S., Khune, V. N., Bara, S., & Banjara, S. (2020). Nutritional evaluation of *Azolla pinnata*. *The Pharma Innovation Journal*, *9*(6), 16–17.
- Pereira, A. L. (2018). The Unique Symbiotic System between a Fern and a Cyanobacterium, *Azolla-Anabaena azollae*: Their Potential as Biofertilizer, Feed, and Remediation. In *Symbiosis*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70466>
- Ramukhithi, T. F., Nephawe, K. A., Mpofu, T. J., Raphulu, T., Munhuweyi, K., Ramukhithi, F. V., & Mtileni, B. (2023).

An Assessment of Economic Sustainability and Efficiency in Small-Scale Broiler Farms in Limpopo Province: A Review. *Sustainability*, 15(3), 2030. <https://doi.org/10.3390/su15032030>

Refaey, M. M., Mehrim, A. I., Zenhom, O. A., Areda, H. A., Ragaza, J. A., & Hassaan, M. S. (2023). Fresh Azolla, *Azolla pinnata* as a Complementary Feed for *Oreochromis niloticus*: Growth, Digestive Enzymes, Intestinal Morphology, Physiological Responses, and Flesh Quality. *Aquaculture Nutrition*, 2023, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2023/1403704>

Zaefarian, F., Abdollahi, M. R., & Ravindran, V. (2016). Particle size and feed form in broiler diets: impact on gastrointestinal tract development and gut health. *World's Poultry Science Journal*, 72(2), 277–290. <https://doi.org/10.1017/S0043933916000222>