

POTENSI LIMBAH SUSU BUBUK AFKIR SEBAGAI ALTERNATIF PAKAN TERNAK: ARTIKEL REVIEW

Siti Rahmawati Zulaikhah^{1*}, Agustinah Setyaningrum², Elly Tugiyanti²

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto
Jl. Sultan Agung No.42, Karangklesem, Purwokerto Selatan 53145, Indonesia

²Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Dr. Soeparno No. 60, Karangwangkal, Purwokerto 53122, Indonesia

* Email: rahmawatidjunaidi0@gmail.com

(Submitted: 03-06-2025; Revised: 27-11-2025; Accepted: 15-12-2025)

ABSTRAK

Pertumbuhan industri susu di Indonesia berdampak pada meningkatnya limbah susu bubuk, terutama produk yang telah kedaluwarsa atau afkir. Limbah ini, jika tidak dikelola dengan baik, berpotensi mencemari lingkungan. Di sisi lain, susu bubuk afkir masih mengandung nutrisi yang tinggi seperti protein, lemak, vitamin, dan mineral yang dibutuhkan untuk pertumbuhan ternak. Artikel ini bertujuan mengkaji potensi pemanfaatan limbah susu bubuk sebagai pakan alternatif untuk ternak melalui penelusuran pustaka. Sumber bahan studi literatur berdasarkan pencarian jurnal maksimal 10 tahun terakhir, buku, media massa mengenai pemanfaatan susu bubuk afkir sebagai pakan ternak. Hasil kajian menunjukkan bahwa pemanfaatan susu bubuk afkir dalam ransum unggas (ayam broiler dan ayam buras) dapat meningkatkan performa ternak seperti berat karkas, penambahan bobot badan, dan efisiensi pakan. Pada ternak ruminansia seperti kambing dan sapi, penggunaan susu bubuk afkir sebagai pengganti susu induk atau bahan tambahan pakan juga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap pertumbuhan. Berdasarkan hal ini limbah susu bubuk memiliki potensi besar sebagai pakan ternak alternatif yang murah, bernutrisi, dan ramah lingkungan, serta dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan dari limbah industri susu.

Kata kunci: Limbah susu bubuk, pakan ternak, unggas, ruminansia

POTENTIAL OF MILK POWDER WASTE AS AN ALTERNATIVE ANIMAL FEED: A REVIEW

ABSTRACT

The growth of the dairy industry in Indonesia has resulted in increasing powdered milk waste, especially expired or discarded products. This waste, if not managed properly, has the potential to pollute the environment. On the other hand, discarded powdered milk still contains high nutrients such as protein, fat, vitamins, and minerals needed for livestock growth. This article aims to examine the potential use of powdered milk waste as alternative feed for livestock through literature searches. Sources of literature study material based on a search for journals for a maximum of the last 10 years, books, mass media regarding the use of rejected milk powder as animal feed. The results of the study show that the use of discarded powdered milk in poultry rations (broiler chickens and not race chickens) can improve livestock performance such as carcass weight, body weight gain, and feed efficiency. In ruminant livestock such as goats and cows, the use of discarded powdered milk as a substitute for mother's milk or feed additive also does not have a negative impact on growth. Based on this, powdered milk waste has great potential as an alternative animal feed that is cheap, nutritious, and environmentally friendly, and can help reduce environmental pollution from dairy industry waste.

Key words: Powdered milk waste, animal feed, poultry, ruminants

PENDAHULUAN

Susu merupakan cairan berwarna putih yang diproduksi oleh kelenjar susu pada mamalia betina, sebagai produk hewani yang mempunyai kandungan nutrisi yang sangat tinggi. Kesadaran masyarakat akan gizi semakin tinggi, salah satu untuk memenuhi gizi

tersebut adalah mengonsumsi susu. Berdasarkan hasil proyeksi pada tahun 2022-2026 konsumsi susu sapi Indonesia mengalami pertumbuhan sebesar 2,07% per tahun (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2022). Hal ini memicu tumbuhnya industri pengolahan susu yang semakin banyak, dan salah satu dampaknya adalah keberadaan limbah. Limbah

industri susu adalah limbah yang dihasilkan dari produksi pengolahan susu dapat berupa limbah padat ataupun limbah cair. Limbah ini bisa berasal dari tumpahan susu saat pengisian/pemindahan, produk susu yang rusak/dibawah standar, limbah endapan susu, limbah kemasan dan lain sebagainya (Prasetyani & Suryono, 2023; Mahaya *et al.*, 2023; Rafidah *et al.*, 2025). Limbah susu masih mengandung komponen organik misalnya protein, laktosa dan lemak (Sar *et al.*, 2022; Ahmad *et al.*, 2019; Das *et al.*, 2016).

Salah satu hasil olahan susu adalah susu bubuk. Susu bubuk menduduki urutan pertama dalam tingkat produksinya dibanding jenis susu lainnya, hal ini disebabkan luasnya jaringan pasar serta dapat dikonsumsi oleh semua umur mulai dari bayi, orang dewasa, sampai dengan manula (Chen *et al.*, 2024), namun dampak negatifnya juga akan diperoleh limbah susu bubuk. Limbah susu bubuk bisa berbentuk padatan dari pemisahan lumpur, dan dari filter selama proses penyaringan, akibat proses distribusi produk (Shi *et al.*, 2021; Harjo *et al.*, 2014), atau produk yang sudah kadaluarsa, terkontaminasi atau rusak (Sar *et al.*, 2022). Limbah susu bubuk ini kebanyakan berasal dari balikan toko (*product return*), yang biasanya ditangani dengan cara membakar menggunakan bensin atau solar. Tentu saja penanganan ini menyebabkan emisi CO, NOx dan SOx yang tidak ramah lingkungan (De Jesus *et al.*, 2015; Harjo *et al.*, 2014). Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah susu bubuk akan mencemari air, tanah, udara, menjadi sumber penyakit, dan merusak ekosistem alami, sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengurangi, mendaur ulang, memproses limbah dengan cara ramah lingkungan untuk keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan manusia (Nanda *et al.*, 2024; Sirajuddin & Pertiwinigrum, 2021).

Limbah susu bubuk yang banyak beredar di masyarakat adalah susu bubuk afkir atau kadaluarsa, atau susu yang melebihi batas penggunaan yang ditentukan (tanggal kedaluarsa) sehingga tidak layak dikonsumsi lagi oleh manusia (Hidayati *et al.*, 2024; Lingga *et al.*, 2024; Pertiwi *et al.*, 2017), serta mempunyai harga jual yang jauh lebih murah apabila dibanding susu yang belum diafkir dengan kandungan nutrisi yang tidak jauh berbeda (Hidayati *et al.*, 2024; Anastasia, 2018). Kandungan nutrisi susu afkir masih bagus karena masih mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral (Hidayati *et al.*, 2024; Akbarillah *et al.*, 2021; Prasetyo, 2021). Berdasarkan hal ini limbah susu bubuk dari susu bubuk afkir atau kadaluarsa berpotensi untuk dimanfaatkan. Salah satu pemanfaatan susu bubuk afkir ini adalah untuk pakan ternak. Pakan adalah faktor lingkungan yang mempengaruhi produktivitas ternak, dan menjadi penentu keberhasilan usaha peternakan. Upaya efisiensi untuk menghemat biaya namun menghasilkan pakan yang berkualitas, maka diperlukan pakan alternatif (Agus, 2023; Prasetyo, 2021; Anastasia, 2018; Pertiwi *et al.*, 2017).

Tujuan dari penelusuran pustaka mengenai potensi limbah susu bubuk sebagai alternatif pakan

ternak ini adalah untuk mengumpulkan, mengevaluasi, dan menganalisis informasi ilmiah serta data yang relevan terkait kandungan nutrisi, ketersediaan, dampak lingkungan, serta efektivitas limbah susu bubuk dalam meningkatkan performa ternak. Adapun manfaatnya adalah mendukung pengembangan pakan alternatif yang murah, efisien dan ramah lingkungan; mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah susu bubuk yang tidak dikelola dengan baik.

BAHAN DAN METODE

Kajian ini merupakan sebuah review dengan sumber referensi dari review ini adalah jurnal-jurnal, media massa dan buku mengenai tema terkait potensi limbah susu bubuk sebagai alternatif pakan ternak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Limbah Susu Bubuk

Limbah susu bubuk umumnya berasal dari susu bubuk yang sudah kadaluarsa atau yang diafkir karena tidak layak untuk konsumsi manusia. Potensi limbah susu dapat dilihat dari banyaknya hasil samping pengolahan susu. Menurut Chaudhary *et al.* (2023) industri susu bisa menghasilkan limbah tiga kali lipat dari volume susu yang diproduksi, limbah cair yang dihasilkan sebanyak 3.739 hingga 11.217 juta m³ per tahun. Secara umum, ada sekitar 4–11 juta ton residu limbah susu yang dihasilkan setiap tahun sebagai limbah padat dan limbah cair. Sebesar 18% dari limbah tersebut merupakan berasal dari tumpahan di peternakan, pengujian kualitas, kehilangan transportasi, wadah dan kemasan yang rusak, serta pengadaan dan perolehan produk olahan akhir berkualitas rendah termasuk susu bubuk kadaluarsa. Data ini apabila dibuat grafik pada Gambar 1.



Gambar 1. Estimasi limbah susu bubuk dan total limbah susu Tahun 2018-2023

Selain potensi dari jumlah limbah, dari sisi kandungan gizi pada susu bubuk juga merupakan potensi yang dapat dimanfaatkan salah satunya untuk pakan ternak (de Moura *et al.*, 2019). Susu afkir mempunyai kandungan nutrisi baik makro maupun

mikro. Nutrisi pada susu afkir adalah protein kasar 25,8 %, lemak 0,9 %, laktosa 4,6 %, mengandung vitamin, mineral dan asam amino, merupakan bahan potensial yang berharga dan kaya nutrisi untuk pakan ternak, khususnya untuk anak sapi, anak babi, dan unggas (Gilmour *et al.*, 2024; de Moura *et al.*, 2019). Vitamin yang terkandung pada lemak susu yaitu vitamin A, D, E, K, vitamin yang dapat larut di dalam susu yaitu vitamin B kompleks (B1, B2, asam nikotinat, dan asam pantotenat (vitamin B5)), vitamin C, vitamin A dan vitamin D. Adapun mineral yang ada dalam susu adalah kalsium, magnesium, fosfor (Hidayati *et al.*, 2024; Akbarillah *et al.*, 2021; Nurisaya *et al.*, 2020; Pertiwi *et al.*, 2017). Nutrisi tersebut sangat dibutuhkan oleh ternak untuk produktivitasnya. Kondisi penyusunan ransum di tingkat peternak masih berkualitas rendah, tidak memperhatikan kandungan nutrisi, hanya mengandalkan pengalaman peternak, dan menggunakan bahan pakan yang belum efisien. Kondisi ini menyebabkan adanya tambahan bahan pakan alternatif yang mempunyai *sustainability* dengan harga yang murah namun nutrisi yang optimal. Estimasi kandungan nutrisi susu bubuk menurut nilai gizi pada ternak seperti energi, protein, lemak, dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 2.



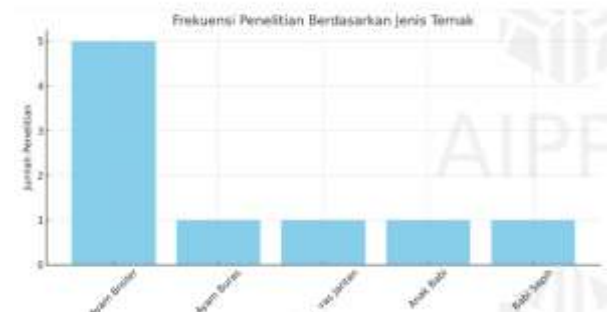
Gambar 2. Estimasi kandungan nutrisi makro dalam susu afkir

Pemanfaatan limbah susu bubuk menjadi pakan ternak dapat memberikan keuntungan bagi para peternak karena dapat menekan biaya operasional, namun sudah mendapatkan pakan yang berkualitas (Ma *et al.*, 2022; Dey *et al.*, 2025). Bagi industri susu, dapat menghasilkan limbah yang bermanfaat, mengurangi terjadinya polusi yang merugikan lingkungan (Udourioh *et al.*, 2025; Ujor *et al.*, 2014).

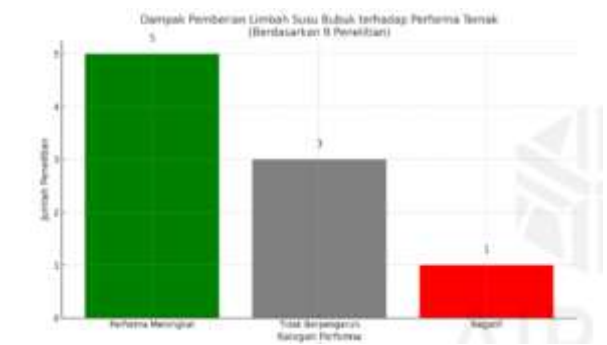
Pemanfaatan Limbah Susu Bubuk menjadi Pakan Ternak

Beberapa penelitian yang dilakukan mengenai pemanfaatan limbah susu bubuk afkir menjadi pakan ternak, disajikan dalam bentuk grafik mengenai performa ternak untuk jenis ternak non ruminansia yang diberi limbah susu bubuk seperti pada Gambar 3 dan 4. Fokus pemanfaatan limbah susu bubuk untuk efisiensi pakan dan peningkatan performa ternak non ruminansia didominasi penelitian pada ayam broiler. Performa yang paling sering dilaporkan meningkat adalah bobot badan, diikuti oleh konversi pakan dan

berat karkas. Beberapa penelitian juga mencatat tidak ada pengaruh nyata, yang penting untuk melihat keterbatasan efektivitas perlakuan, yang disajikan dalam bentuk tabel seperti tertera pada Tabel 1.



Gambar 3. Jumlah penelitian pemanfaatan susu bubuk afkir sebagai pakan pada ternak non ruminansia



Gambar 4. Dampak pemberian susu bubuk afkir terhadap performa ternak non ruminansia

Beberapa penelitian pemanfaatan limbah susu bubuk menjadi pakan ternak menggunakan ayam ras terutama broiler, dikarenakan ayam broiler paling populer di masyarakat dengan kandungan proteinnya yang tinggi dan daging yang dihasilkan lebih banyak, mempunyai siklus produksi yang pendek karena umur 5-6 minggu sudah bisa dipanen, sehingga perputaran modalnya bisa lebih cepat (Pesti & Choct, 2023). Pakan bagi ternak unggas terutama ayam broiler, merupakan hal yang menentukan dalam peningkatan produktivitas untuk menghasilkan daging yang tinggi, sehingga perlu dilakukan efisiensi dalam pengolahan pakan, namun mempunyai kandungan nutrisi yang baik dan mudah dicerna (Kumar *et al.*, 2025; Neves *et al.*, 2014). Broiler mempunyai jenis pakan yang berbeda di setiap fasennya, dan banyak dilihat pada kandungan proteinnya, karena adanya kandungan asam amino sehingga protein merupakan nutrisi yang sangat penting bagi tubuh ternak yang ketersediaannya harus diberikan lewat pakan (Singh *et al.*, 2023; Beski *et al.*, 2015). Konsumsi protein yang tinggi akan menghasilkan pertumbuhan yang cepat, metabolisme tubuh akan berjalan normal, perbaikan jaringan, serta, penting digunakan untuk pencapaian bobot karkas (Macelline *et al.*, 2025; Beski *et al.*, 2015).

Tabel 1. Hasil penelitian pemanfaatan susu bubuk afkir untuk pakan ternak non ruminansia

Penulis	Judul	Variabel	Sampel	Perlakuan	Kesimpulan
(Nurisaya <i>et al.</i> , 2020)	Karkas Ayam Buras yang Diberi Ransum Mengandung Susu Bubuk Kadaluarsa	karkas dan komposisi fisik karkas.	100 ayam buras	Penggantian tepung ikan dalam ransum dengan susu kadaluarsa	Penggantian 75% tepung ikan dengan susu kadaluarsa menghasilkan berat karkas, potongan komersial, dan komposisi fisik karkas paling tinggi.
(Hidayati <i>et al.</i> , 2024)	Pengaruh Pemberian Susu Bubuk Afkir dan Jamu Tradisional Ke Dalam Air Minum Terhadap Performan Ayam Broiler	Konsumsi pakan, pertambahan bobot badan, dan konversi pakan	DOC Strain CP 707	Pemberian susu bubuk afkir (0; 2,5; dan 5 g/L air minum) dan pemberian jamu (0; 0,5; 1%)	Interaksi pemberian susu bubuk afkir dan jamu berpengaruh tidak nyata terhadap konsumsi pakan, pertambahan bobot badan, dan konversi pakan. Faktor tunggal pemberian susu bubuk afkir berpengaruh nyata terhadap pertambahan bobot badan dan berpengaruh sangat nyata terhadap konversi pakan.
(Prasetyo, 2021)	Pengaruh Penambahan Susu Bubuk Afkir dalam pakan terhadap Bobot Akhir, Persentase Bobot Hati, Jantung dan Ampela pada Ayam Pedaging	berat akhir, persentase bobot hati, jantung dan ampela.	DOC Ayam Broiler	penambahan susu afkir sebanyak 2% dan 4% dalam pakan	Perlakuan penambahan pakan komersial+susu bubuk afkir 4 % (P2) cenderung meningkatkan bobot akhir dan persentase bobot ampela ayam pedaging. susu bubuk afkir tidak mengganggu keseimbangan organ hati, jantung dan ampela selama petumbuhan ayam broiler sehingga relatif aman untuk dimanfaatkan sebagai <i>feed additive</i> masa depan
(Anastasia, 2018)	Pengaruh Penambahan Susu Afkir dalam Pakan terhadap Berat Karkas, Lemak Abdominal dan <i>Income Over Feed Cost</i> Ayam Pedaging	Berat Karkas, Lemak Abdominal dan <i>Income Over Feed Cost</i>	Day Old Chicken (DOC) sebanyak 81 ekor strain Lohmann MB-202 Platinum yang di produksi oleh PT. Japfa Comfeed cabang Sidoarjo kemudian dipelihara selama 35 hari.	Penambahan susu afkir dalam pakan (0, 2, 4%)	- Penambahan susu bubuk afkir dalam pakan tidak berpengaruh pada berat karkas, lemak abdominal dan <i>income over feed cost</i> - Penggunaan susu bubuk afkir sebanyak 4% cenderung meningkatkan berat karkas ayam pedaging.
(Pertiwi <i>et al.</i> , 2017)	Pengaruh Penggantian Tepung Ikan dengan Susu Afkir dalam Ransum terhadap Produksi dan Nutrien Ayam Buras Jantan	Berat karkas, pertambahan bobot badan, Konsumsi ransum, FCR, dan kecernaan nutrien	100 ekor ayam buras jantan	Penggantian tepung ikan dengan susu bubuk afkir sebanyak 25, 50, 75, dan 100%	- penggantian tepung ikan dengan susu afkir 75% dapat meningkatkan performa dan kecernaan nutrien ayam buras jantan umur 2 - 10 minggu

Tabel 1. (Lanjutan)

(Jefri <i>et al.</i> , 2023)	Pengaruh Penggunaan Susu Bubuk Kadaluarsa dan Jamu Tradisional dalam Air Minum terhadap Persentase Bobot Hati, Gizzard dan Usus Halus Ayam Broiler	persentase bobot hati, gizzard dan usus halus ayam broiler.	Day Old Chicken (DOC) strain CP 707	pemberian susu bubuk kadaluarsa 0, 2,5g/L, 5g/L dan jamu tradisional 0, 0,5 dan 1 g/L pada air minum	- kombinasi penggunaan susu bubuk kadaluarsa sampai 5 g dan jamu tradisional sampai 1 g sebagai nutrisi tambahan kedalam air minum ayam broiler tidak memberikan pengaruh terhadap persentase bobot hati, gizzard dan usus ayam broiler.
(Angsori <i>et al.</i> , 2020)	Pengaruh Pemberian Susu Afkir terhadap Konsumsi Pakan, Pertambahan Bobot Badan Harian dan Konversi Pakan Broiler	Konsumsi pakan, pertumbuhan bobot badan, konversi pakan	200 ekor ayam broiler umur 14-28 hari	Pemberian susu bubuk 5g ke dalam 1L air minum	- Pemberian susu afkir pada air minum berpengaruh terhadap pertumbuhan bobot badan harian, tetapi tidak berpengaruh terhadap konsumsi pakan dan konversi pakan.
(Wibawa <i>et al.</i> , 2019)	Pemberian 10% Susu Afkir dalam Pakan Dapat Menurunkan Pertambahan Bobot Badan, dan Meningkatkan Feed Conversion Ratio Anak Babi	Konsumsi pakan, konversi pakan, dan pertambahan bobot ba	27 anak babi Crossbreed jantan lepas sapih berumur 30 har	Pakan ditambahkan dengan 0, 5 dan 10% susu afkir.	- Pemberian susu afkir dengan konsentrasi 10% dalam pakan sangat nyata lebih tinggi jumlah konsumsi pakannya dibandingkan dengan konsentrasi 5%. Namun menurunkan PBBH dan memperbesar konversi pakan. Maka efektif bila diberi 5% susu bubuk afkir.
(Ogunyemi <i>et al.</i> , 2021)	Pemanfaatan Hasil Samping Susu Sebagai Bahan Tambahan pada Makanan Babi Sapih	Pertambahan berat badan harian, asupan pakan harian, dan rasio konversi pakan	Lima puluh empat (54) babi sapih (Largewhit e × Landrace)	Penambahan ransum dengan berbagai tingkat (0,5 dan 1%) limbah susu padat (SMW)	Tidak ada pengaruh perlakuan terhadap pertambahan berat badan harian, asupan pakan harian, dan rasio konversi pakan. Namun perlakuan yang terbaik adalah penambahan 1% SMW.

Pemanfaatan susu bubuk afkir dalam dalam pakan ternak sebagai *suplement*, karena susu bubuk masih mengandung nutrisi yang tinggi terutama protein. Protein dari susu banyak mengandung asam amino yang dibutuhkan oleh ternak. Ogunyemi *et al.*, (2021) mengatakan bahwa susu bubuk memiliki profil asam amino yang baik dan daya cerna yang tinggi. Selanjutnya dikatakan bahwa sudah banyak dilakukan penelitian pemberian susu bubuk dalam makanan anak babi, yang hasilnya dapat mencegah gangguan perilaku (perilaku manipulatif, agonistik, dan abnormal) dan menghasilkan kinerja yang lebih baik. Menurut Kidd *et al.*, (2021) pakan dengan protein yang tinggi akan

menghasilkan ayam dengan lemak tubuh yang lebih rendah.

Pemberian susu bubuk afkir dalam pakan ternak unggas (ayam broiler) di atas 4% dapat meningkatkan performa ayam seperti berat karkas, persentase karkas, dan pertambahan bobot badan. Namun belum efektif bila diberikan pada air minum disebabkan apabila ditambahkan pada air minum tidak berpengaruh terhadap konsumsi pakan. Pemberian susu bubuk pada ternak babi efektif diberikan sebanyak 5%, karena apabila sampai 10% berakibat meningkatkan konversi pakan dan pertambahan bobot badan malah menurun. Hal ini dikarenakan semakin ditingkatkan pemberian

susu bubuk afkir sampai 10% sudah melebihi kebutuhan lemak anak babi, yang berakibat terjadi penimbunan lemak yang tidak terabsorpsi. Timbunan lemak tersebut mengakibatkan naiknya tekanan

osmolaritas dalam lumen yang menarik air dari plasma, sehingga menimbulkan diare. Diare inilah yang akan mengganggu pencernaan babi, yang mengakibatkan penurunan bobot badan.

Tabel 2. Hasil penelitian pemanfaatan susu bubuk afkir untuk pakan ternak ruminansia

Penulis	Judul	Variabel	Sampel	Perlakuan	Kesimpulan
(Moradi <i>et al.</i> , 2024)	Transition milk or milk replacer powder as waste milk supplements to cold-stressed neonatal Holstein dairy calves: Effects on performance, feeding behavior, and health	Konsumsi pakan, kinerja pertumbuhan, perilaku dan aktivitas makan, dan kesehatan	51 sapi perah FH	Pemberian limbah susu yang ditambahkan dengan suplemen susu pengganti dan susu transisi	Anak sapi yang diberikan suplemen menunjukkan kinerja, pertumbuhan dan kesehatannya yang lebih baik
(Akbarillah <i>et al.</i> , 2021)	Performa Anak Kambing Anglo Nubian Prasapiah yang Diberi Susu Pengganti	konsumsi susu, konsumsi hijauan dan konsentrat, pertambahan berat badan, pertambahan panjang badan ternak, pertambahan tinggi badan ternak dan pertambahan lingkaran dada ternak.	12 ekor anak kambing Anglo Nubian	Formulasi pakan menggunakan susu kambing murni dan pakan padat, susu sapi murni dan pakan padat, susu kadaluarsa dan pakan padat	Penggunaan susu sapi murni dan susu bubuk afkir yang dicampur dengan susu induk kambing dapat menggantikan keseluruhan susu induk atau sebagian dan tidak memberikan efek negatif pada pertumbuhan
(Mukodiningsih <i>et al.</i> , 2012)	Pemanfaatan Susu Bubuk Kadaluarsa dalam Complete Calf Starter dan Pengaruhnya terhadap Konsentrasi VFA dan Gula Sapi	kualitas kimia, fisik organoleptik (hardness dan durability) dan kualitas biologis (konsumsi, pertambahan bobot badan harian (pbbh), kadar gula dan VFA darah)	Pedet umur 2 minggu	Pembuatan pellet dengan penambahan level susu bubuk afkir sebagai binder	Pellet complete calf starter dengan binder susu bubuk kadaluarsa 20% pada pedet umur 2 minggu menghasilkan konsumsi, gula dan VFA darah masih dalam kisaran normal.

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah susu bubuk afkir untuk ternak ruminansia dapat dijadikan *suplement* pada pakan ternak karena tidak berdampak negatif pada performa ternak seperti pada Tabel 2 dan Gambar 5. Beberapa penelitian menghasilkan hal yang positif, yaitu menunjukkan pertumbuhan dan kesehatan yang baik misalnya perkembangan kerangka tubuh yang lebih besar, tidak berdampak negatif pada perilaku makan, menunjukkan penurunan terjadinya pneumonia (Moradi *et al.*, 2024).



Gambar 5. Penelitian pemanfaatan susu bubuk afkir untuk pakan ternak ruminansia

Dampak Penggunaan Limbah Susu Bubuk terhadap Ternak

Penggunaan limbah susu bubuk afkir untuk pakan ternak pada non ruminansia dan unggas, dapat berpengaruh terhadap komposisi fisik karkas tulang, daging dan lemak subkutan termasuk kulit (Dao *et al.*, 2024; Ata & Al-Masad, 2015; Barbut, 2010), meningkatkan persentase daging pada karkas, karena pakan yang kandungan proteinnya tinggi akan berdampak pada konsumsi ransum yang tinggi pula (Azzahra *et al.*, 2025; Sugiharto & Nuengjamnong, 2025; Vlaicu *et al.*, 2024). Hal ini menyebabkan retensi asam amino dalam jaringan bertambah banyak sehingga pertumbuhan menjadi bertambah baik, dan menghasilkan karkas yang maksimal (Aini *et al.*, 2023; Nurisaya *et al.*, 2020; Ata & Al-Masad, 2015). Selain itu semakin tinggi susu bubuk afkir yang diberikan akan meningkatkan berat karkas ayam karena konsumsi pakan semakin meningkat. Hal ini karena susu bubuk afkir mempunyai aroma yang harum sehingga bisa menaikkan palatabilitas ayam pedaging (Ahmadzai *et al.*, 2022; Anastasia, 2018; Ata & Al-Masad, 2015). Selain itu semakin tinggi susu bubuk afkir yang diberikan akan meningkatkan pertambahan bobot badan ayam (Angsori *et al.*, 2020; Prasetyo, 2021), hal ini dikarenakan pakan yang ditambahkan susu bubuk afkir mempunyai kandungan protein yang tinggi. Protein adalah zat nutrisi utama yang bermanfaat bagi pertumbuhan dan pembentukan sel-sel baru organ-organ tubuh. Kandungan protein pakan yang semakin tinggi dikonsumsi, pertumbuhan yang terjadi juga semakin meningkat begitu pula sebaliknya apabila protein yang dikonsumsi semakin berkurang maka pertumbuhan akan terhambat.

Pemanfaatan susu bubuk afkir untuk pakan ternak ruminansia babi, akan meningkatkan konsumsi pakan karena mempunyai rasa dan bau yang baik sehingga meningkatkan palatabilitas. Namun pemberian sampai 10% akan berakibat terganggunya pencernaan babi karena kandungan lemak dan protein yang tinggi melebihi kebutuhan lemak anak babi, sehingga menimbulkan diare karena tidak terabsorbsinya lemak dengan baik. Kondisi ini berdampak pada penurunan berat badan (Wibawa *et al.*, 2019). Besarnya kebutuhan protein pakan babi fase *starter* dengan berat badan 10-20 kg sebanyak 20,9%. Pada ruminansia, pemberian susu sapi tidak akan memberikan dampak yang negatif pada ternak kambing. Dibuktikan pada penelitian (Akbarillah *et al.*, 2021), ternyata pemberian susu bubuk afkir pada pakan untuk kambing Anglobian tidak memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan misal: pertambahan bobot badan (PBB), pertambahan panjang badan, pertambahan tinggi badan dan pertambahan lingkaran dada. Sedangkan pada ternak sapi, telah dilakukan penelitian susu bubuk kedaluwarsa digunakan sebagai binder dalam *complete calf starter* untuk pedet pra sapih. Hal ini untuk memperoleh kualitas pelet yang baik bagi

perkembangan retikulo rumen, sehingga dapat pedet dapat dilakukan sapih dini dengan performan baik sebagai ternak pengganti (replacement). Hasil penelitian Mukodiningsih *et al.* (2012) diperoleh bahwa penggunaan susu bubuk afkir sampai 20% untuk binder pada *pellet complete calf starter* yang diberikan untuk pedet umur 2 minggu menghasilkan konsumsi, gula dan VFA darah masih dalam kisaran normal.

SIMPULAN

Limbah susu bubuk afkir hasil samping pengolahan susu, masih mempunyai potensi yang baik untuk dimanfaatkan sebagai pakan ternak karena kandungan gizinya yang masih bagus. Pemanfaatan susu bubuk afkir (sebesar 5%) untuk pakan ternak non ruminansia (ayam dan babi) akan memberikan dampak positif misalnya meningkatkan konsumsi ransum, persentase daging karkas, berat karkas, bobot badan, konsumsi pakan, dan pertambahan berat badan pada batas tertentu. Pada ruminansia, penggunaan susu bubuk afkir (sampai 20%) tidak akan memberikan dampak yang negatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, A. R. R. (2023). Penambahan limbah organik dalam pakan untuk meningkatkan produksi telur burung puyuh: Literature Review. *PETERPAN (Jurnal Peternakan Terapan)*, 5(1), 25–29. <https://doi.org/10.25181/peterpan.v5i1.2901>
- Ahmad, T., Aadil, R. M., Ahmed, H., ur Rahman, U., Soares, B. C., Souza, S. L., ... & Cruz, A. G. (2019). Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 361-372. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.003>
- Ahmadzai, N., Fasehi, Z., Habibi, E., & Ibrahim Qasimi, M. (2022). The Effects of feeding of milk protein concentrate on productivity and meat quality in broiler chickens. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 13(1), 1692-1702. <https://tojqi.net/index.php/journal/article/view/9455>
- Aini, Q., Harnentis, Fajrona, K., Ciptaan, G., Mirnawati, & Srifani, A. (2023). Broiler's responses to containing fermented soybean milk waste with a combination of *Neurospora crassa* and *Aspergillus ficuum*. *International Journal of Veterinary Science*, 12(4), 593-598. <https://doi.org/10.47278/journal.ijvs/2022.029>
- Akbarillah, T., Hidayat, H., & Pratika, A. J. T. (2021). Performa anak kambing Anglo nubian prasapih yang diberi susu pengganti. *Buletin Peternakan Tropis*, 2(2), 112–117. <https://doi.org/10.31186/bpt.2.2.112-117>
- Anastasia, R. S. (2018). Pengaruh Penambahan Susu

- Bubuk Afkir Dalam Pakan Terhadap Berat Karkas, Lemak Abdominal Dan Income Over Feed Cost Ayam Pedaging*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
<http://repository.ub.ac.id/id/eprint/168434/>
- Angsori, M., Wati, N. E., & Wicaksana, K. (2020). Pengaruh pemberian susu afkir terhadap konsumsi pakan, pertambahan bobot badan harian dan konversi pakan broiler. *Wahana Peternakan*, 3(2), 14–19.
<https://doi.org/10.37090/jwputb.v3i2.169>
- Ata, M., & Al-Masad, M. (2015). Effect of milk powder supplementation on growth performance of broilers. *Journal of Agricultural Science*, 7(8), 111. <https://doi.org/10.5539/jas.v7n8p111>
- Azzahra, H., Mirnawati, M. Y., & Evitayani, Y. G. (2025). Utilization of fermented soybean milk waste with *Lactobacillus casei* T22 in broiler rations. *J. Anim. Health Prod*, 13(2), 316–323. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.jahp/2025/13.2.316.323>
- Barbut, S. (2010). Effects of milk powder and its components on texture, yield, and color of a lean poultry meat model system. *Poultry science*, 89(6), 1320–1324.
<https://doi.org/10.3382/ps.2009-00506>
- Beski, S. S., Swick, R. A., & Iji, P. A. (2015). Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review. *Animal Nutrition*, 1(2), 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.05.005>
- Chaudhary, V., Kajla, P., Verma, D., Singh, T. P., Kothakota, A., Prasath, V. A., Jeevarathinam, G., Kumar, M., Ramniwas, S., Rustagi, S., & Pandiselvam, R. (2023). Valorization of dairy wastes into wonder products by the novel use of microbial cell factories. *Food Science & Technology*, 142(December 2023), 104221. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104221>
- Chen, A., Moradi, S., & Hort, J. (2024). Product factors affecting milk choices among Chinese older adults. *Foods*, 13(3), 371. <https://doi.org/10.3390/foods13030371>
- Dao, H. T., Sharma, N. K., Kim, E., Barekatin, R., Swick, R. A., & Moss, A. F. (2024). Effects of feeding recycled food waste-based diets on gut health, nutrient digestibility, and bone quality in laying hens. *Applied Sciences*, 14(7), 2733. <https://doi.org/10.3390/app14072733>
- Das, B., Sarkar, S., Sarkar, A., Bhattacharjee, S., & Bhattacharjee, C. (2016). Recovery of whey proteins and lactose from dairy waste: A step towards green waste management. *Process Safety and Environmental Protection*, 101, 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2015.05.006>
- De Jesus, C. S. A., Elba Ruth, V. G., Daniel, S. F. R., & Sharma, A. (2015). Biotechnological alternatives for the utilization of dairy industry waste products. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 6(03), 223–235. <http://dx.doi.org/10.4236/abb.2015.63022>
- de Moura, A. K. B., de Lima, R. N., Lopes, K. T. D. L., Neto, J. A. D. L., Melo, V. L. D. L., Lima, P. D. O., & Goncalves, J. D. S. (2019). Calf performance when fed with cheese whey associated with discarded powdered milk. *Sem. Ciencias Agrarias* 40(6Supl3):3595. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3595>
- Dey, S., Santra, M., Ghosh, A. R., & Samanta, P. (2025). Recuperating agricultural wastes into feed additives. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 64, 103508. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2025.103508>
- Gilmour, S. R., Holroyd, S. E., Fuad, M. D., Elgar, D., & Fanning, A. C. (2024). Amino acid composition of dried bovine dairy powders from a range of product streams. *Foods*, 13(23), 3901. <https://doi.org/10.3390/foods13233901>
- Harjo, S., Amin, A. A., & Anwar, S. (2014). Potensi pemanfaatan limbah susu bubuk untuk fortifikasi kompos pada pertanian sayur organik *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 4(2), 103–110. <https://journal.ipb.ac.id/jpsl/article/view/10223/7943>
- Hidayati, S. G., Deyana, I. P., & Syafrizal, S. (2024). Pengaruh pemberian susu bubuk afkir dan jamu tradisional ke dalam air minum terhadap performan ayam broiler. *Jurnal Embrio*, 16(1), 40–46. <https://doi.org/10.31317/embrio.v16i1.1029>
- Jefri, Afrijon, Zulkarnaini, Andika, R., & Maulana, F. (2023). Pengaruh penggunaan susu bubuk kadaluarsa dan jamu tradisional dalam air minum terhadap persentase bobot hati, gizzard dan usus halus ayam broiler. *Jurnal Peternakan*, 20(2), 80–86. <http://dx.doi.org/10.24014/jupet.v20i2.23146>
- Kidd, M. T., Maynard, C. W., & Mullenix, G. J. (2021). Progress of amino acid nutrition for diet protein reduction in poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00568-0>
- Kumar, H., Bhardwaj, I., Nepovimova, E., Dhanjal, D. S., Sana, S. S., Knop, R., ... & Béla, K. (2025). Revolutionising broiler nutrition: The role of probiotics, fermented products, and paraprobiotics in functional feeds. *Journal of Agriculture and Food Research*, 101859. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101859>
- Lingga, A., Febriani, H., & Tambunan, E. P. S. (2024). Pengaruh media tambahan susu bubuk afkir terhadap bobot badan dan kandungan nutrisi maggot (*Hermetia illucens*). *Spizaetus : Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, Februari, 226–237. <https://dx.doi.org/10.55241/spibio.v5i2.4181>
- Ma, Y., Khan, M. Z., Xiao, J., Alugongo, G. M., Chen, X., Li, S., ... & Cao, Z. (2022). An overview of waste milk feeding effect on growth performance, metabolism, antioxidant status and

- immunity of dairy calves. *Frontiers in veterinary science*, 9, 898295.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2022.898295>
- Macelline, S. P., Liu, S. Y., & Selle, P. H. (2025). Attrition of amino acids in the life span of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 22, 201-213.
<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2025.05.004>
- Mahaya, E. T. K., Amalia, I., Wafiroh, L. A., Zulfa, S. R., & Fajrin, M. (2023). The implementation of SDGs program on liquid waste processing for the pasteurized milk industry. *Formosa Journal of Science and Technology*, 2(6), 1589-1608.
<https://doi.org/10.55927/fjst.v2i6.3698>
- Moradi, B., Kargar, S., Kanani, M., Nemati, M., Albenzio, M., Caroprese, M., de Castro, Í. R. R., & Marcondes, M. I. (2024). Transition milk or milk replacer powder as waste milk supplements to cold-stressed neonatal Holstein dairy calves: Effects on performance, feeding behavior, and health. *PLoS ONE*, 19(6 June), 1-26.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305227>
- Mukodiningsih, S., Budhi, S. S., Agus, A., & Astuti, A. (2012). Pemanfaatan susu bubuk kadaluarsa dalam complete calf starter dan pengaruhnya terhadap konsentrasi VFA dan gula sapih. *Jurnal Sains dan Matematika*, 20(4), 109-113.
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/sm/article/view/19987>
- Nanda, M. F., Maulanah, S., Hidayah, T. N., Taufiqurrahman, A. M., & Radianto, D. O. (2024). Analisis pentingnya pengelolaan limbah terhadap kehidupan sosial bermasyarakat. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 97-107.
<https://doi.org/https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.255>
- Neves, D. P., Banhazi, T. M., & Nääs, I. A. (2014). Feeding behaviour of broiler chickens: a review on the biomechanical characteristics. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 16, 01-16.
<https://doi.org/10.1590/1516-635x16021-16>
- Nurisaya, I. M., Pertiwi, M. E. D., Puger, A. W., & Puspani, E. (2020). Karkas ayam buras yang diberi ransum mengandung susu kadaluarsa. *Majalah Ilmiah Peternakan*, 23(3), 113-117.
<https://doi.org/10.24843/MIP.2020.v23.i03.p03>
- Ogunyemi, D. J., Boladuro, B. A., Sorunke, A. O., Onarinde, O. E., Adeshinwa, O. A., & Adeshinwa, A. O. K. (2021). Use of milk by-product as additives in diet of weaner pigs. *Nigerian Society for Animal Production (NSAP) 46th Annual Conference – Dutsin-Ma 2021 Book of Proceedings*, 281-284.
<https://doi.org/10.51791/njap.vi.4608>
- Pertiwi, M. E. D., Mastika, I. M., & Nuriyasa, I. M. (2017). Pengaruh penggantian tepung ikan dengan susu afkir dalam ransum terhadap perdoma produksi dan kecepatan nutrisi ayam buras jantan. *Majalah Ilmiah Peternakan*, 20(3 (Oktober)), 123-128.
<https://doi.org/10.24843/MIP.2017.v20.i03.p07>
- Pesti, G. M., & Choct, M. (2023). The future of feed formulation for poultry: Toward more sustainable production of meat and eggs. *Animal Nutrition*, 15, 71-87.
<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.02.013>
- Prasetyani, Y., & Suryono, S. (2023). Identifikasi dan pengolahan limbah industri susu pada sektor peternakan. *Buletin Peternakan Tropis*, 4(2), 158-165.
<https://doi.org/10.31186/bpt.4.2.158-165>
- Prasetyo, F. N. (2021). *Pengaruh Penambahan Susu Bubuk Afkir dalam Pakan Terhadap Bobot Akhir, Persentase Bobot Hati, Jantung dan Ampela pada Ayam Pedaging*. Tesis. Malang: Universitas Brawijaya.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2022). In *OUTLOOK SUSU Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal-Kementerian Pertanian 2022*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Rafidah, A. N., Firmansyah, I., Pratopo, L. H., & Thoriq, A. (2025, September). Analisis sistem pengelolaan limbah industri susu dan pemanfaatannya. In *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan, Sains dan Pembelajaran* (Vol. 5, No. 1, pp. 905-910).
<https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/sein-kesjar/article/view/8856>
- Sar, T., Harirchi, S., Ramezani, M., Bulkan, G., Akbas, M. Y., Pandey, A., & Taherzadeh, M. J. (2022). Potential utilization of dairy industries by-products and wastes through microbial processes: A critical review. *Science of the Total Environment*, 810.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152253>
- Shi, W., Healy, M. G., Ashekuzzaman, S. M., Daly, K., Leahy, J. J., & Fenton, O. (2021). Dairy processing sludge and co-products: A review of present and future re-use pathways in agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128035.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128035>
- Singh, N., Paul, M., Mudgal, S., & Kaur, A. (2023). Nutritional properties of proteins from different sources and their role in sports performance. In *Future Proteins* (pp. 391-407). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91739-1.00018-0>
- Sirajuddin, M. M., & Pertiwinigrum, A. (2021). The effect of sludge dairy cattle and expired milk powder waste as growth media for white oyster mushroom (*Pleurotus florida*). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 637, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/637/1/012047>
- Sugiharto, S., & Nuengjamnong, C. (2025). An update

- review on the use of agro-industrial byproducts on carcass and meat quality of broiler chickens. *Discover Food*, 5(1), 203.
<https://doi.org/10.1007/s44187-025-00509-0>
- Udourioh, G. A., Solomon, M. M., & Okolie, J. A. (2025). A Review of the valorization of dairy industry wastes through thermochemical, biological, and integrated processes for value-added products. *Food science of animal resources*, 45(2), 375.
<https://doi.org/10.5851/kosfa.2025.e2>
- Ujor, V., Bharathidasan, A. K., Cornish, K., & Ezeji, T. C. (2014). Evaluation of industrial dairy waste (milk dust powder) for acetone-butanol-ethanol production by solventogenic *Clostridium* species. *SpringerPlus*, 3(1), 387.
<https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-387>
- Vlaicu, P. A., Untea, A. E., & Oancea, A. G. (2024). Sustainable poultry feeding strategies for achieving zero hunger and enhancing food quality. *Agriculture*, 14(10), 1811.
<https://doi.org/10.3390/agriculture14101811>
- Wibawa, I. G. P. C., Ardana, I. B. K., & Sampurna, I. P. (2019). Pemberian 10 % susu afkir dalam pakan dapat menurunkan pertambahan bobot badan , dan meningkatkan feed conversion ratio anak babi. *Indonesia Medicus Veterinus*, 8(6), 844-853.
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/imv/article/view/58622/34138>
- Suningsih, N., Ibrahim, W., Liandris, O., & Yulianti, R. (2019). Kualitas fisik dan nutrisi jerami padi fermentasi pada berbagai penambahan starter. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(2), 191-200.
<https://doi.org/10.31186/jspi.id.14.2.191-200>
- Superianto, S., Harahap, A.E., & Ali, A. (2018). Nilai nutrisi silase limbah sayur kol dengan penambahan dedak padi dan lama fermentasi yang berbeda. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 13(2), 172-181.
<https://ejournal.unib.ac.id/jspi/article/view/3723>
- Suretno, N. D., Adriyani, F. Y., Tambunan, R. D., Diptaningsari, D., Meidaliyantisyah., Zahara., Maryanto, A. (2023). The potency of rice straw for ruminant feed on several rice varieties. *BIO Web of Conferences*, 99.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20249901001>
- Thiet, N., & Ngu, N. T. (2023). Effect of urea treatment and preservation duration on chemical composition of rice straw offer for growing sind crossbred cattle. *Livest. Res. Rural Dev*, 35(5), 41. <https://www.lrrd.org/lrrd35/5/3541nhti.html>
- Traugher, Z. T., Detweiler, K.B., Price, A.K., Knap, K.E., Harper, T.A., Swanson, K.S., & de Godoy, M.R. (2021). Effect of crude fiber and total dietary fiber on the calculated nitrogen-free extract and metabolizable energy content of various dog foods fed to client-owned dogs with osteoarthritis. *American journal of veterinary research*, 82(10), 787-794.
<https://avmajournals.avma.org/view/journals/ajvr/82/10/ajvr.82.10.787.xml>
- Widowati, T. W., Hamzah, B., Wijaya, A., & Pambayun, R. (2014). Sifat antagonistik *Lactobacillus* sp B441 dan II442 asal tempoyak terhadap *Staphylococcus aureus*. *Agritech*, 34(4), 430-438.
<https://doi.org/10.22146/agritech.9438>
- Yuliana, M. (2021). The effect of local microorganism (MOL) as liquid organic fertilizer to the growth of *Ipomea reptans* Poir. *J. Biota*, 7(1), 51-56.
<https://doi.org/10.19109/Biota.v7i1.7010>
- Yunilas, Y., Mirwhandhono, E., & Efrata. (2024). Evaluasi kualitas larutan mikroorganisme lokal (MOL) berbasis limbah buah dan potensi sebagai bioaktivator. *Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan*. 4(1), 1-8.
<https://doi.org/10.51878/knowledge.v4i1.2786>
- Yunilas, Y., Siregar, A. Z., Mirwhandhono, E., Purba, A., Fati, N., & Malvin, T. (2022). Potensi dan karakteristik larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) berbasis limbah sayur sebagai bioaktivator dalam fermentasi. *Journal of Livestock and Animal Health*, 5(2), 53-59.
<http://repository.pnp.ac.id/858/>
- Yunilas, Y., Warly, L., Marlida, Y., & Riyanto, I. (2018). Evaluation of fiber content based on palm plantation which has fermentation with probiotic MOIYL. *Variabel*, 1(1), 18-25.
<https://dx.doi.org/10.26737/var.v1i1.513>
- Yusriani, Y., Elviwirda, E., & Sabri, M., 2015. Kajian pemanfaatan limbah jerami sebagai pakan ternak sapi di Provinsi Aceh. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 17(2), 163-169.
<https://doi.org/10.25077/jpi.17.2.163-169.2015>
- Zhao, J., Wang, S., Dong, Z., Li, J., Jia, Y., & Shao, T. (2021). Effect of storage time and the level of formic acid on fermentation characteristics, epiphytic microflora, carbohydrate components and in vitro digestibility of rice straw silage. *Animal bioscience*, 34(6), 1038.
<https://doi.org/10.5713/ajas.20.0388>
- Zhou, S., Zhu, Z., Chen, X., Pu, Q., Liu, S., Luo, Y., ... & Wang, X. (2025). Study on the effects of urea addition on the fermentation quality, nitrogen metabolism, microbial community, and metabolic characteristics of cotton strawlage. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1610850.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1610850>