

Pengaruh dosis EM4 pada fermentasi anaerob fakultatif daun tebu kering terhadap fraksi serat

Effect of EM4 dose on facultative anaerobic fermentation of dried sugarcane leaves on fiber fraction

Ammara Bratandari*, Atun Budiman, Iman Hernaman

Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran. Jl. Ir. Soekarno Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363, Indonesia

Korespondensi:
ammara22001@unpad.ac.id

Submit:
26 Juni 2026

Direvisi:
30 Juni 2026

Diterima:
13 Juli 2026

Abstract. Dried sugarcane leaves are an abundant agricultural waste, yet their use as ruminant feed is limited by high fiber content, particularly lignin, which reduces digestibility. Facultative anaerobic fermentation using the EM4 bioactivator has the potential to reduce this fiber fraction. This study aimed to analyze the effect of EM4 dose on facultative anaerobic fermentation of dried sugarcane leaves on fiber fraction content and to determine the most effective EM4 dose for reducing it. The study used an experimental method with a Completely Randomized Design consisting of four EM4 dose levels (0, 1, 2, and 3 mL) with five replications. Dried sugarcane leaves were mixed with rice bran (10%) and molasses (3%), then fermented under facultative anaerobic conditions for 21 days. Data were analyzed using analysis of variance, followed by Duncan's multiple range test when significant effects were found. The observed variables included the content of neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose, hemicellulose, and lignin. The results showed that increasing the EM4 dose significantly reduced ($P \leq 0.05$) the content of neutral detergent fiber, acid detergent fiber, and cellulose, but had no significant effect ($P > 0.05$) on hemicellulose and lignin content. An EM4 dose of 1 mL per kilogram of fermented material produced a reduction equivalent to higher doses, making it the most effective dose for use in the facultative anaerobic fermentation of dried sugarcane leaves.

Keywords: dried sugarcane leaves, EM4, facultative anaerobic fermentation, fiber fraction

Abstrak. Daun tebu kering merupakan limbah pertanian yang melimpah, namun pemanfaatannya sebagai pakan ruminansia terbatas oleh tingginya kandungan serat, terutama lignin, yang menghambat pencernaan. Fermentasi anaerob fakultatif menggunakan bioaktivator EM4 berpotensi menurunkan fraksi serat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dosis EM4 pada fermentasi anaerob fakultatif daun tebu kering terhadap kandungan fraksi serat, serta menentukan dosis EM4 yang paling efektif dalam menurunkannya. Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri atas empat taraf dosis EM4 (0, 1, 2, dan 3 mL) dengan lima ulangan. Daun tebu kering dicampur dedak padi (10%) dan molases (3%), kemudian difermentasi secara anaerob fakultatif selama 21 hari. Data dianalisis menggunakan analisis ragam, dan apabila terdapat pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan. Peubah yang diamati meliputi kandungan *neutral detergent fiber*, *acid detergent fiber*, selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis EM4 berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) dalam menurunkan kandungan *neutral detergent fiber*, *acid detergent fiber*, dan selulosa, tetapi tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap kandungan hemiselulosa dan lignin. Dosis EM4 sebanyak 1 mL per kilogram bahan fermentasi telah memberikan penurunan yang setara dengan dosis yang lebih tinggi, sehingga dosis tersebut merupakan dosis yang paling efektif digunakan dalam fermentasi anaerob fakultatif daun tebu kering.

Kata-kata kunci: daun tebu kering, EM4, fermentasi anaerob fakultatif, fraksi serat

PENDAHULUAN

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman perkebunan penghasil gula yang tersebar luas di Indonesia. Pada tahun 2024, luas areal tebu nasional mencapai 520,82 ribu hektar dengan produksi gula 2,47 juta ton (BPS, 2025). Hal ini berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dihasilkan, salah satunya berupa daun tebu kering. Jumlah daun tebu kering pada tahun 2024 diperkirakan mencapai 4,32 juta ton. Daun tebu kering yang melimpah saat musim panen biasanya dibakar oleh para petani (Sugianto *et al.*, 2024). Hal ini berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan menyebabkan tidak termanfaatkannya sumber daya pakan potensial.

Ketersediaan hijauan pakan ruminansia sering mengalami fluktuasi akibat musim dan keterbatasan lahan (Mayasari *et al.*, 2022). Maka dari itu, diperlukan sumber serat alternatif untuk mencukupi kebutuhan pakan ruminansia. Daun tebu kering berpotensi menjadi pengganti hijauan karena tersedia melimpah pada musim kemarau saat panen tebu berlangsung. Namun, pemanfaatannya terhambat oleh kandungan serat kasar yang tinggi akibat umur tanaman yang semakin tua. Semakin tua umur tanaman, kandungan lignin akan semakin tinggi sehingga dinding sel pada jaringan sklerenkim menjadi tebal, kuat, dan keras (Sutrisno *et al.*, 2022). Lignin dapat menghambat akses mikroba rumen terhadap komponen karbohidrat struktural. Kandungan fraksi serat pada daun tebu kering adalah selulosa 27,46%, hemiselulosa 19,15%, dan lignin 11,95% (Patil & Deshannavar, 2017). Oleh karena itu, diperlukan upaya pengolahan daun tebu kering untuk menurunkan fraksi serat, terutama lignin sehingga kualitas nutrisi dan pencernaan daun tebu kering dapat ditingkatkan.

Fraksi serat merupakan bagian penting dari komposisi dinding sel tanaman yang memengaruhi pencernaan ruminansia. Selama ketersediaan fraksi serat tidak dihambat oleh faktor lain, seperti lignifikasi, fraksi serat merupakan sumber energi yang sangat potensial bagi ruminansia (Sudirman *et al.*, 2015). Fraksi serat terdiri atas NDF, ADF, selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Djami *et al.*, 2024). NDF dan ADF merupakan indikator yang umum digunakan untuk mengevaluasi kualitas serat pakan karena berkaitan dengan tingkat konsumsi dan pencernaan pakan oleh ternak. Selulosa dan hemiselulosa merupakan komponen karbohidrat struktural yang dapat difermentasi oleh mikroba rumen menjadi VFA (*Volatile Fatty Acid*) untuk digunakan sebagai sumber energi bagi ruminansia (Muchlas *et al.*, 2014). Selulosa dan hemiselulosa berikatan kuat dengan lignin (Nurhaita *et al.*, 2020). Lignin dalam bahan pakan sebaiknya tidak melebihi 7% (Goering & Van Soest, 1970). Hal ini dikarenakan lignin merupakan zat antinutrisi yang tidak dapat dicerna oleh mikroba rumen (Frei *et al.*, 2013).

Fermentasi merupakan proses yang melibatkan mikroorganisme untuk merombak senyawa kompleks (serat kasar) menjadi senyawa yang lebih sederhana (Hidayat *et al.*, 2021). Salah satu bioaktivator yang banyak digunakan adalah EM4 (*Effective Microorganisms-4*). EM4 mengandung kultur campuran mikroorganisme fermentatif yang terdiri atas bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.), bakteri fotosentetik (*Rhodospseudomonas* sp.), *Actinomycetes*, *Streptomyces* sp., dan *Saccharomyces cerevisiae* (Faizal *et al.*, 2024). Mikroorganisme dalam EM4 diketahui mampu mendegradasi fraksi serat. Hal ini mengacu pada penelitian Hardiana *et al.* (2024) yang melaporkan bahwa pemberian 1 mL EM4 pada fermentasi 1 kg jerami padi dengan penambahan dedak padi 20% selama 21 hari mampu menurunkan serat kasar sebesar 7,55% dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Guna mendukung pertumbuhan mikroorganisme EM4 diperlukan sumber karbohidrat mudah dicerna, seperti dedak padi dan molases. Efektivitas fermentasi sangat dipengaruhi oleh jumlah inokulum yang digunakan. Perbedaan dosis EM4 dapat memengaruhi populasi dan aktivitas mikroorganisme selama fermentasi sehingga berpotensi menghasilkan tingkat degradasi fraksi serat yang berbeda.

Lactobacillus sp. tergolong sebagai bakteri anaerob fakultatif (Ray & Bhunia, 2007). Begitu pula dengan *Saccharomyces cerevisiae* yang merupakan mikroorganisme fakultatif anaerob dan mampu tumbuh dalam berbagai konsentrasi oksigen (Rintala *et al.*, 2011). Sementara itu, *Actinomycetes* dan *Streptomyces* sp. merupakan bakteri gram positif yang memiliki karakteristik menyerupai fungi (Alfany *et al.*, 2024). *Actinomycetes* tergolong sebagai bakteri aerobik (Fatmawati, 2015). *Streptomyces* sp. merupakan genus dari *Actinomycetes* yang juga bersifat aerob (Komaki, 2023). Mikroorganisme ini memerlukan keberadaan oksigen untuk pertumbuhannya. Oleh karena itu, fermentasi pada penelitian ini dilakukan secara anaerob fakultatif agar tersedia sedikit oksigen yang memungkinkan pertumbuhan *Actinomycetes* dan *Streptomyces* sp., sementara mikroorganisme lain yang bersifat anaerob fakultatif

tetap dapat berkembang dan berperan selama proses fermentasi. Kondisi tersebut diharapkan mampu meningkatkan degradasi lignin dan fraksi serat daun tebu kering secara lebih optimal.

Meskipun penggunaan EM4 dalam fermentasi telah dilaporkan mampu menurunkan serat kasar, informasi mengenai pengaruh dosis EM4 terhadap fraksi serat daun tebu kering yang difermentasi secara anaerob fakultatif masih terbatas. Perbedaan dosis EM4 berpotensi memengaruhi aktivitas mikroorganisme dan tingkat degradasi komponen serat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dosis EM4 pada fermentasi anaerob fakultatif daun tebu kering terhadap kandungan NDF, ADF, selulosa, hemiselulosa, dan lignin, serta menentukan dosis EM4 yang paling efektif dalam menurunkan fraksi serat tersebut.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas daun tebu kering yang diperoleh dari Kecamatan Jatitujuh, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat, EM4 Peternakan, dedak padi, molases, larutan NDS dan ADS, larutan H_2SO_4 72%, air, aquades, dan aseton. Alat yang digunakan antara lain timbangan duduk, timbangan analitik, baki, golok, plastik berukuran 30 x 45 cm, *sprayer*, gelas ukur, gelas piala, spatula, satu set alat refluks, satu set alat penyaring, oven, tanur, desikator, cawan petri, dan *disk mill*.

Prosedur Fermentasi Anaerob Fakultatif

Daun tebu kering dicacah berukuran 2,5-5 cm, kemudian dianalisis kadar airnya. Begitupun dengan dedak padi. Hasil analisis kadar air digunakan sebagai dasar perhitungan penambahan air. Daun tebu kering dicampur dengan dedak padi sebanyak 10% dari bobot bahan segar. Air ditambahkan hingga kadar air campuran (daun tebu kering dan dedak padi) mencapai 60% dengan bobot total 1.000 g bahan segar. Larutan molases sebanyak 3% dan EM4 sesuai perlakuan (0, 1, 2, dan 3 mL) dilarutkan dalam air hingga homogen, kemudian disemprotkan secara bertahap pada campuran daun tebu kering dan dedak padi yang dimasukkan ke dalam kantong plastik berukuran 30 x 45 cm sambil dipadatkan. Kantong plastik diikat rapat, kemudian diberi lubang kecil dengan ukuran dan jumlah yang seragam pada setiap unit percobaan untuk memungkinkan pertukaran udara secara terbatas. Kondisi ini digunakan untuk menciptakan lingkungan dengan ketersediaan oksigen terbatas selama proses fermentasi. Selanjutnya, bahan diinkubasi di tempat yang terlindungi dari sinar matahari selama 21 hari. Setelah fermentasi selesai, bahan dikeringkan melalui penjemuran hingga kering, kemudian digiling menggunakan *disk mill*. Sampel hasil penggilingan selanjutnya dianalisis menggunakan metode Van Soest (1963) untuk menentukan kandungan NDF, ADF, selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

Rancangan dan Analisis Statistik

Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan dosis EM4 ($P_0 = 0$ mL; $P_1 = 1$ mL; $P_2 = 2$ mL; $P_3 = 3$ mL) dan lima ulangan, sehingga terdapat 20 unit percobaan. Adapun perlakuan percobaan, yaitu:

P_0 : Daun tebu kering + 0 mL EM4 + 10% dedak padi + 3% molases

P_1 : Daun tebu kering + 1 mL EM4 + 10% dedak padi + 3% molases

P_2 : Daun tebu kering + 2 mL EM4 + 10% dedak padi + 3% molases

P_3 : Daun tebu kering + 3 mL EM4 + 10% dedak padi + 3% molases

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA). Apabila hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh nyata ($P \leq 0,05$), maka analisis dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test/DMRT*) untuk membandingkan perbedaan antarperlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rataan kandungan fraksi serat (NDF, ADF, selulosa, hemiselulosa, dan lignin) daun tebu kering yang difermentasi secara anaerob fakultatif dengan berbagai dosis EM4 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rataan kandungan fraksi serat daun tebu kering hasil fermentasi anaerob fakultatif dengan berbagai dosis EM4

Parameter	P0	P1	P2	P3
NDF (%)	66,00±0,81 ^c	65,24±0,86 ^{bc}	63,75±1,85 ^{ab}	62,14±1,84 ^a
ADF (%)	43,90±1,24 ^b	40,66±2,18 ^a	38,81±2,75 ^a	37,95±2,18 ^a
Selulosa (%)	37,51±0,94 ^b	34,46±2,30 ^a	32,83±2,03 ^a	32,64±2,05 ^a
Hemiselulosa (%)	22,10±1,81 ^{ns}	24,58±1,50 ^{ns}	24,95±2,85 ^{ns}	24,25±0,63 ^{ns}
Lignin (%)	6,40±0,70 ^{ns}	6,20±0,75 ^{ns}	5,98±0,97 ^{ns}	5,31±0,85 ^{ns}

Keterangan: Notasi superskrip huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P \leq 0,05$) berdasarkan uji DMRT; ns=tidak berbeda nyata ($P > 0,05$)

Neutral Detergent Fiber (NDF)

Berdasarkan data pada Tabel 1, kandungan NDF menurun seiring meningkatnya dosis EM4, yaitu dari 66,00% (P0) menjadi 62,14% (P3). Pemberian 3 mL EM4 mampu menurunkan kandungan NDF sebesar 5,85% dibandingkan kontrol. Hasil ini sejalan dengan penelitian Purwaka *et al.* (2024) pada fermentasi anaerob batang pisang kepok yang juga melaporkan penurunan kandungan NDF. Meskipun metode fermentasi yang digunakan berbeda, kedua penelitian menunjukkan adanya penurunan NDF. Hal ini mengindikasikan bahwa mikroorganisme EM4 mampu hidup dalam keadaan anaerob fakultatif. Penurunan NDF diduga terjadi karena asam laktat yang dihasilkan oleh *Lactobacillus sp.*, bakteri anaerob fakultatif yang terkandung dalam EM4 (Ray & Bhunia, 2007). Asam laktat mampu melonggarkan struktur lignoselulosa dan lignohemiselulosa (Sahid *et al.*, 2022), sehingga komponen penyusun NDF lebih mudah didegradasi oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh *Lactobacillus sp.* (Utama *et al.*, 2018) dan *Saccharomyces cerevisiae* (Sitohang *et al.*, 2012), serta enzim ligninase yang dihasilkan oleh *Actinomycetes* dan *Streptomyces sp.* (Narendra *et al.*, 2013). Pada dosis EM4 yang lebih tinggi, populasi mikroorganisme fermentatif juga meningkat sehingga proses degradasi serat berlangsung lebih intensif (Kumajas & Onibala, 2022). Ketersediaan dedak padi dan molases sebagai sumber energi awal juga mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme selama fermentasi.

Acid Detergent Fiber (ADF)

Berdasarkan data pada Tabel 1, kandungan ADF menurun dari 43,90% (P0) menjadi 37,95% (P3) atau mengalami penurunan sebesar 13,55% dibandingkan kontrol. Namun demikian, perlakuan P1, P2, dan P3 tidak menunjukkan perbedaan nyata satu sama lain ($P > 0,05$). Hasil ini mengindikasikan bahwa pemberian dosis 1 mL EM4 telah menyediakan populasi mikroorganisme fermentatif yang cukup untuk mendegradasi komponen penyusun ADF, yaitu selulosa, lignin, dan silika (Djami *et al.*, 2024), sehingga penambahan dosis yang lebih tinggi tidak lagi memberikan penurunan yang berbeda nyata secara statistik. Penurunan ADF diduga disebabkan oleh aktivitas asam laktat yang melonggarkan ikatan lignoselulosa (Sahid *et al.*, 2022), sehingga selulosa lebih mudah didegradasi oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh *Lactobacillus sp.* (Krabi *et al.*, 2015) dan *Saccharomyces cerevisiae* (Sitohang *et al.*, 2012), sedangkan lignin didegradasi oleh enzim peroksidase dari *Actinomycetes* dan *Streptomyces sp.* (Narendra *et al.*, 2013). Hasil ini sejalan dengan penelitian Purwaka *et al.* (2024) yang juga melaporkan penurunan ADF pada fermentasi anaerob batang pisang kepok menggunakan EM4.

Selulosa

Berdasarkan data pada Tabel 1, kandungan selulosa pada perlakuan P1, P2, dan P3 berbeda nyata ($P \leq 0,05$) dibandingkan dengan P0, namun tidak berbeda nyata antar ketiga perlakuan tersebut. Kandungan selulosa menurun dari 37,51% (P0) menjadi 32,64% (P3) atau mengalami penurunan sebesar 12,98%. Pola ini serupa dengan kandungan ADF yang menunjukkan bahwa dosis 1 mL EM4 telah cukup untuk mengoptimalkan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi selulosa, sehingga peningkatan dosis tidak lagi memberikan efek tambahan yang nyata. Penurunan kandungan selulosa dapat disebabkan oleh aktivitas *Lactobacillus sp.* yang terkandung di EM4. Kemampuan kelompok Bakteri Asam Laktat (BAL) dalam mendegradasi selulosa ini sejalan dengan penelitian Krabi *et al.* (2015), yang melaporkan bahwa sebagian isolat BAL terbukti mampu memproduksi enzim selulase.

Dalam studinya, ditemukan bahwa 5,33% dari isolat BAL pengasaman cepat yang diuji memiliki aktivitas selulolitik. Hal ini juga dibuktikan pada penelitian Utama *et al.* (2018) yang mengisolasi bakteri asam laktat dari jus kubis terfermentasi yang ditumbuhkan di media *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) mampu menghasilkan enzim selulase. Selain itu, *Saccharomyces cerevisiae* juga mampu memproduksi enzim selulase sehingga mampu menghidrolisis ikatan glikosida pada selulosa (Sarjono *et al.*, 2021). Hasil penelitian ini konsisten dengan penurunan selulosa pada fermentasi anaerob batang pisang kepok menggunakan EM4 pada penelitian Purwaka *et al.* (2024). Hal ini mengindikasikan bahwa mikroorganisme dalam EM4 tetap aktif mendegradasi selulosa pada kondisi anaerob fakultatif.

Hemiselulosa

Berbeda dengan NDF, ADF, dan selulosa, berdasarkan data pada Tabel 1, kandungan hemiselulosa tidak berbeda nyata antar perlakuan ($P>0,05$) dan cenderung meningkat dibandingkan kontrol. Kandungan hemiselulosa meningkat dari 22,10% (P0) menjadi 24,95% (P2). Hasil ini berlawanan dengan temuan Purwaka *et al.* (2024) yang melaporkan bahwa semakin tinggi dosis EM4 cenderung menurunkan kandungan hemiselulosa. Nilai hemiselulosa diperoleh dari selisih NDF dan ADF pada metode Van Soest (1963). Oleh karena itu, penurunan ADF yang lebih besar dibandingkan penurunan NDF dapat menyebabkan proporsi hemiselulosa relatif meningkat, meskipun secara absolut tidak terjadi penambahan pada komponen tersebut. Pola serupa dilaporkan oleh Rosa *et al.* (2020) pada silase kedelai yang diberi inokulan komersial. Peningkatan hemiselulosa diduga karena mikroorganisme fermentatif lebih banyak memanfaatkan karbohidrat larut dan sebagian selulosa sebagai sumber energi dibandingkan hemiselulosa. Secara teoritis, hemiselulosa dapat diurai oleh enzim xilanase yang dihasilkan oleh *Actinomycetes* (Saini *et al.*, 2015). Namun, aktivitas mikroorganisme tersebut diduga belum cukup untuk menurunkan hemiselulosa secara nyata pada kondisi fermentasi anaerob fakultatif dalam penelitian ini.

Lignin

Berdasarkan data pada Tabel 1, kandungan lignin tidak berbeda nyata antar perlakuan ($P>0,05$), meskipun secara numerik cenderung menurun seiring meningkatnya dosis EM4, yaitu dari 6,40% (P0) menjadi 5,31% (P3). Seluruh nilai tersebut masih berada di bawah batas 7% yang direkomendasikan untuk pakan ruminansia (Goering & Van Soest, 1970). Penurunan lignin yang tidak berbeda nyata diduga disebabkan oleh terbatasnya aktivitas *Actinomycetes* dan *Streptomyces sp.*, mikroorganisme penghasil enzim ligninase dalam EM4 yang bersifat aerob (Fatmawati, 2015; Komaki, 2023), sehingga aktivitasnya terbatas pada kondisi anaerob fakultatif dengan oksigen yang hanya tersedia melalui lubang-lubang kecil pada kantong plastik. Meskipun demikian, kecenderungan penurunan lignin masih berlangsung selama fermentasi. Selain itu, bakteri fotosintetik *Rhodospseudomonas sp.* dilaporkan memiliki kemampuan mendegradasi senyawa aromatik penyusun lignin baik dengan maupun tanpa oksigen (Brown *et al.*, 2022). Hal ini menambah dugaan bakteri fotosintetik turut berkontribusi terhadap penurunan lignin yang diamati pada penelitian ini.

SIMPULAN

Fermentasi anaerob fakultatif daun tebu kering dengan penambahan EM4, dedak padi, dan molases berpengaruh nyata dalam menurunkan kandungan NDF, ADF, selulosa, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan hemiselulosa dan lignin. Dosis EM4 sebanyak 1 mL/kg bahan fermentasi telah mampu menghasilkan penurunan NDF, ADF, selulosa yang setara dengan dosis yang lebih tinggi, sehingga merupakan dosis yang efektif untuk digunakan pada fermentasi anaerob fakultatif daun tebu kering.

DAFTAR PUSTAKA

Alfany, C., Faturrahman, & Suryadi, B.F. (2024). Uji aktivitas antibakteri *actinomycetes* yang diisolasi dari sedimen mangrove Dusun Ketapang Sekotong Barat. *Samota Journal of Biological Sciences*, 3(2), 23–32. <https://doi.org/10.29303/SJBIO.SV3I2.5386>

- BPS (Badan Pusat Statistik). (2025). **Statistik Tanaman Perkebunan Semusim Indonesia 2024 (Tebu dan Tembakau) (Vol. 1)**. Badan Pusat Statistik Indonesia. <https://www.bps.go.id/id/publication/2025/08/29/35f854853b5e9a06ae5bad9d/statistik-tanaman-perkebunan-semusim-indonesia-2024--tebu-dantembakau-.html>. [Accessed on September 9th, 2025]
- Djami, N.A.A., Wie Lawa, E.D., Hilakore, M.A., & Edwin, L.L. (2024). Pengaruh perbandingan rumput odot dan isi rumen sapi terhadap kandungan fraksi serat silase pakan komplit. *Stock Peternakan*, 6(1), 73–85. <https://doi.org/10.36355/SPTR.V6I1.1351>
- Faizal, Ramadhani, P.M.N., Ashari, I., Widyastuti, Auliya, R., Indryani, A.V., Jaelani T.M.R., & Wiharto, M. (2024). Pelatihan pembuatan EM4 dari limbah organik di Dusun Bantimurung, Desa Jenetaesa, Kecamatan Simbang, Kabupaten Maros. *Jurnal Abdi Negeriku*, 3(1), 8. <https://doi.org/10.35580/jan.v3i1.58819>
- Fatmawati, U. (2015). *Actinomyces*: Mikroorganisme potensial untuk pengembangan PGPR dan biokontrol hayati di Indonesia. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning*, 12(1), 885–891.
- Frei, M., Loor, J.J., Nikolic, M., Uzun, B., Velasco, L., & Wilson, B.R. (2013). Lignin: Characterization of a multifaceted crop component. *The Scientific World Journal*, 2(1), 436517. <https://doi.org/10.1155/2013/436517>
- Goering, H.K., & Soest, V. (1970). *Forage Fiber Analysis: Apparatus, Reagents, Procedures and some Applications*. Agricultural Research Service.
- Hardiana, Bain, A., Zulkarnain, D., Kurniawan, W., Asminaya, N.S., Audza, F.A., & Syamsuddin. (2024). Kualitas nutrisi jerami padi yang difermentasi menggunakan EM-4 dan berbagai level dedak padi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis*, 9(1), 236–242. <https://doi.org/10.33772/jitro.v9i1.16507>
- Hidayat, R., Nurjannah, S., & Permana, H. (2021). Penggunaan molases pada silase kulit pisang nangka (*Musa paradisiaca informis typica*) terhadap kandungan serat kasar dan protein kasar. *Composite: Jurnal Ilmu Pertanian*, 3(2), 51–57. <https://doi.org/10.37577/composite.v3i02.342>
- Komaki, H. (2023). Recent progress of reclassification of the genus *Streptomyces*. *Microorganisms*, 11(4), 831. <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS11040831>
- Krabi, R.E., Assamoi, A.A., Ehon, F.A., & Niamke, S.L. (2015). Screening of lactic acid bacteria as potential starter for the production of attiéké, a fermented cassava food. *Food and Environment Safety Journal*, 14(1), 21–29. <https://fens.usv.ro/index.php/FENS/article/view/8>
- Kumajas, N.J., & Onibala, J.S.I.T. (2022). Pengaruh dosis inokulum dan lama inkubasi fermentasi kombinasi *Phanerochaete chrysosporium* dan *Trichoderma reesei* terhadap kandungan nutrisi eceng gondok. *Zootec*, 42(1), 97–104. <https://doi.org/10.35792/ZOT.42.1.2022.41168>
- Mayasari, N., Salman, L.B., Susilawati, I., & Ismiraj, M.R. (2022). Pengenalan pemanfaatan rumput Mulato dan teknologi pengawetannya sebagai upaya peningkatan produktivitas ternak ruminansia. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, 11(2), 140–146. <https://doi.org/10.24198/DHARMAKARYA.V11I2.35850>
- Muchlas, M., Kusmartono, & Marjuki. (2014). Pengaruh penambahan daun pohon terhadap kadar VFA dan pencernaan secara in-vitro ransum berbasis ketela pohon. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 24(2), 8–19. <https://jiip.ub.ac.id/index.php/jiip/article/view/168>
- Narendra, D.B., Wijana, S., & Mulyadi, A.F. (2013). Pengaruh lama pemeraman terhadap kadar lignin dan selulosa pulp (kulit buah dan pelepah nipah) menggunakan biodegradator EM4. *Jurnal Industri*, 2(1), 75–83. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/149224/>
- Nurhaita, Definiati, N., & Hidayah, N. (2020). Karakteristik fermentabilitas dalam rumen pada pelepah sawit fermentasi yang disuplementasi tepung kulit jengkol. *Jurnal Peternakan*, 17(1), 39–44. <https://doi.org/10.24014/jupet.v17i1.7710>
- Patil, R.A., & Deshannavar, U.B. (2017). Dry sugarcane leaves: renewable biomass resources for making briquettes. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 10(1), 232–235.
- Purwaka, Imam, M., Syarifuddin, N, A, Habibah, H, Rizqiana, & S. (2024). Kandungan fraksi serat silase batang pisang kepok (*musa paradisiaca acuminata balbisiana*) yang diberi *Effective*

- Microorganism* 4 (EM4) pada level yang berbeda. *Jurnal Penelitian Peternakan Lahan Basah*, 4(2), 29–36. <https://doi.org/10.20527/JPLPB.V4I2.2804>
- Ray, B., & Bhunia, A. (2007). *Fundamental Food Microbiology*. In *New York* (4th ed.). Boca Raton. <https://doi.org/10.1201/9781420007749>
- Rintala, E., Jouhten, P., Toivari, M., Wiebe, M.G., Maaheimo, H., Penttilä, M., & Ruohonen, L. (2011). Transcriptional responses of *Saccharomyces cerevisiae* to shift from respiratory and respirofermentative to fully fermentative metabolism. *OMICS A Journal of Integrative Biology*, 15(7), 461–467. <https://doi.org/10.1089/omi.2010.0082>
- Sahid, S.A., Ayuningsih, B., & Hernaman, I. (2022). Pengaruh lama fermentasi pada penggunaan dedak fermentasi terhadap kandungan lignin dan selulosa silase tebon jagung. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.24198/JNTTIP.V4I1.38967>
- Saini, A., Aggarwal, N.K., Sharma, A., & Yadav, A. (2015). *Actinomycetes: A Source of Lignocellulolytic Enzymes*. *Enzyme Research*, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2015/279381>
- Sarjono, P.R., Mulyani, N.S., Noprastika, I., Ismiyarto, I., Ngadiwiyan, N., & Prasetya, N.B.A. (2021). Pengaruh waktu fermentasi terhadap aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* dalam menghidrolisis eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Penelitian Saintek*, 26(2). <https://doi.org/10.21831/jps.v26i2.43983>
- Sitohang, R.V., Herawati, T., & Lili, W. (2012). Pengaruh pemberian dedak padi hasil fermentasi ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) terhadap pertumbuhan biomassa *Daphnia sp.* *Jurnal Perikanan Kelautan*, 3(1), 65–72. <https://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/view/3532>
- Sudirman, Suhubdy, Hasan, S.D., Dilaga, S.H., & Karda, I.W. (2015). Kandungan *neutral detergent fiber* (NDF) dan *acid detergent fiber* (ADF) bahan pakan lokal ternak sapi yang dipelihara pada kandang kelompok. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia*, 1(1), 77–81. <https://doi.org/10.29303/JITPI.V1I1.15>
- Sugianto, F., Susilo, T.D., & Suryani, F.A. (2024). Pemanfaatan limbah daun tebu kering sebagai mulsa organik pada lahan budidaya bawang merah di Desa Seletreng, Kabupaten Situbondo. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 1156–1162. <https://doi.org/10.31004/CDJ.V5I1.24512>
- Sutrisno, Ali, A., & Mucra, D.A. (2022). Kualitas nutrisi daun Mangrove (*Rizophora apiculata*) sebagai pakan hijauan alternatif di Kecamatan Tebing Tinggi Barat Kabupaten Kepulauan Meranti. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 4(3), 83–97. <https://doi.org/10.24198/jnttip.v4i3.37149>
- Utama, C.S., Zuprizal, Hanim, C., & Wihandoyo. (2018). Isolasi bakteri asam laktat selulolitik yang berasal dari jus kubis terfermentasi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(1), 1-6. <https://doi.org/10.17728/JATP.2155>
- Van Soest, P.J. (1963). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, 46(5): 825-829.