

KUALITAS FISIK DAN SKOR FLEIGH SILASE LIMBAH SERAI WANGI (*Cymbopogon nardus*) DENGAN PENAMBAHAN EM4 DAN MOLASE

Ardiva Yusuf Rizadane^{1*}, Mega Royani¹, Solehudin²

¹ Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Garut
Jl. Raya Samarang No.52a, Tarogong Kidul, Kabupaten Garut 44151, Jawa Barat, Indonesia

² Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat 10340, Indonesia

* Email: ardivarizadane@gmail.com

(Submitted: 14-06-2026; Revised: 17-08-2026; Accepted: 31-08-2026)

ABSTRAK

Limbah penyulingan serai wangi (*Cymbopogon nardus*) berpotensi dimanfaatkan sebagai silase untuk mengatasi penurunan ketersediaan hijauan pakan ruminansia pada musim kemarau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan berbagai level *Effective Microorganisms 4* (EM4) dan molase terhadap kualitas fisik silase limbah serai wangi. Metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan, yaitu P1 (1% EM4 + 1% molase), P2 (2% EM4 + 2% molase), P3 (3% EM4 + 3% molase), dan P4 (4% EM4 + 4% molase), masing-masing diulang lima kali. Variabel yang diamati meliputi warna, aroma, tekstur, keberadaan jamur, pH, dan skor Fleigh. Data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan level EM4 dan molase tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap warna (cokelat kekuningan) dan tekstur (agak kasar). Namun, perlakuan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap aroma, keberadaan jamur, penurunan pH, dan skor Fleigh. Kombinasi dosis 4% EM4 dan 4% molase menghasilkan silase limbah serai wangi paling baik dengan aroma asam segar, bebas kontaminasi jamur, pH terendah (4,68), dan skor Fleigh tertinggi (79,12; kategori baik). Meskipun demikian, penggunaan dosis minimal 2% EM4 dan 2% molase sudah mampu menghasilkan karakteristik fisik silase yang layak.

Kata Kunci: EM4, kualitas fisik, limbah serai wangi, molase, silase

PHYSICAL QUALITY AND FLIEG SCORE OF CITRONELLA WASTE (*Cymbopogon nardus*) SILAGE WITH THE ADDITION OF EM4 AND MOLASSES

ABSTRACT

Citronella (*Cymbopogon nardus*) distillation waste has the potential to be utilized as silage to overcome the decline in forage availability for ruminants during the dry season. This study aimed to determine the effect of adding various levels of Effective Microorganisms 4 (EM4) and molasses on the physical quality of citronella waste silage. An experimental method was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with four treatments: P1 (1% EM4 + 1% molasses), P2 (2% EM4 + 2% molasses), P3 (3% EM4 + 3% molasses), and P4 (4% EM4 + 4% molasses), each replicated five times. The observed variables included color, aroma, texture, the presence of fungi, pH, and Flieg score. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and followed by Duncan's multiple range test. The results showed that increasing the levels of EM4 and molasses had no significant effect ($P > 0.05$) on color (yellowish-brown) and texture (slightly coarse). However, the treatments significantly affected ($P < 0.05$) aroma, the presence of fungi, pH decrease, and Flieg score. The combination of 4% EM4 and 4% molasses produced the best citronella waste silage, characterized by a fresh sour aroma, no fungal contamination, the lowest pH (4.68), and the highest Flieg score (79.12; good category). Nonetheless, a minimum dose of 2% EM4 and 2% molasses was already capable of producing acceptable physical silage characteristics.

Keywords: Citronella waste, EM4, molasses, physical quality, silage

PENDAHULUAN

Hijauan merupakan komponen utama pakan ruminansia sebagai sumber energi dan serat yang mendukung aktivitas rumen serta produktivitas ternak.

Namun, ketersediaannya sering berfluktuasi akibat perubahan musim, sehingga diperlukan strategi penyediaan pakan melalui pemanfaatan bahan pakan alternatif serta penerapan teknologi pengolahan dan pengawetan pakan (Rido *et al.*, 2025). Salah satu

limbah pertanian yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pakan ternak adalah limbah serai wangi (*Cymbopogon nardus*) yang merupakan limbah padat hasil penyulingan minyak atsiri. Pada proses penyulingan, rendemen minyak atsiri sangat rendah, yaitu sekitar 0,5%. Akibatnya, lebih dari 99% biomassa tanaman menjadi limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal dan umumnya hanya ditumpuk, dibakar, atau dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut (Solehudin *et al.*, 2024; Sari *et al.*, 2017).

Limbah serai wangi potensial sebagai pakan ternak ruminansia karena memiliki nilai serat kasar 35,0%, lemak kasar 2,796%, dan protein kasar 5,82%, serta nilai NDF berkisar 60–70%, ADF 40–50%, dan TDN sekitar 45–55% (Nur & Arfai, 2025). Pemberian ampas penyulingan serai wangi dari limbah astiri diketahui dapat meningkatkan bobot badan sapi potong (Gustiar *et al.*, 2020) dan memperbaiki reproduktivitas domba (Novita *et al.*, 2020). Masalahnya, tingginya kandungan lignin yang mencapai 25–31% menjadi salah satu faktor pembatas dalam pemanfaatan limbah serai wangi (Sitohang *et al.*, 2025; Solehudin *et al.*, 2024). Lignin membungkus mikrofibril selulosa dan hemiselulosa, membentuk ikatan kompleks sehingga menghambat akses mikroorganisme rumen terhadap komponen serat yang dapat difermentasi (Fu *et al.*, 2025; Gharechahi *et al.*, 2023). Akibatnya, pemanfaatan nutrisi dari fraksi struktural bahan berserat tinggi seperti halnya limbah serai wangi menjadi kurang optimal dan berpotensi menurunkan kecernaannya sebagai pakan ruminansia (Zheng *et al.*, 2025; Li, 2021). Berbagai pendekatan, baik pengolahan biologis, perlakuan kimiawi, maupun kombinasi keduanya, telah digunakan untuk mengatasi keterbatasan ini.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan amoniasi dapat membantu memutuskan ikatan antara lignin dan komponen polisakarida dinding sel, sedangkan fermentasi menggunakan mikroorganisme lignoselulolitik berpotensi meningkatkan akses terhadap fraksi selulosa dan hemiselulosa (Jayanegara *et al.*, 2017). Secara khusus, Pamungkas *et al.* (2024) melaporkan bahwa perlakuan amoniasi, fermentasi menggunakan *Trichoderma harzianum*, maupun kombinasi keduanya dapat meningkatkan kualitas nutrisi dan pencernaan *in vitro* limbah serai wangi dibandingkan dengan bahan tanpa perlakuan. Meskipun demikian, penelitian mengenai pengolahan limbah serai wangi masih lebih banyak diarahkan pada upaya peningkatan pencernaan melalui pemutusan struktur lignoselulosa menggunakan perlakuan amoniasi atau mikroorganisme lignoselulolitik, sedangkan pemanfaatannya melalui teknologi ensilase dengan kombinasi mikroorganisme fermentatif dan sumber karbohidrat mudah difermentasi masih relatif terbatas.

Ensilase memiliki keunggulan sebagai teknologi pengawetan karena memanfaatkan fermentasi anaerobik untuk menghasilkan asam organik, terutama asam laktat, yang menurunkan pH dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang

tidak diinginkan (Tuovinen *et al.*, 2025; Kung *et al.*, 2018). *Effective Microorganisms 4* (EM4) banyak digunakan sebagai sumber mikroorganisme fermentatif karena mengandung bakteri asam laktat, ragi, dan mikroorganisme lainnya yang berperan dalam mendukung proses fermentasi dan pembentukan asam organik (Ardiyanto & Sukaryani, 2025). Penambahan starter mikroba perlu didukung oleh ketersediaan sumber energi agar mikroorganisme dapat berkembang dan menghasilkan asam organik secara optimal. Molase sebagai sumber gula mudah difermentasi berpotensi mendukung pembentukan asam organik dan mempercepat proses pengasaman silase (Zhang *et al.*, 2024). Dengan demikian, kombinasi EM4 dan molase pada ensilase limbah serai wangi menjadi pendekatan yang menarik untuk dikaji sebagai alternatif teknologi pengawetan dan peningkatan kualitas bahan pakan ruminansia.

Kualitas fisik silase limbah serai wangi merupakan indikator awal yang penting dalam menilai keberhasilan proses fermentasi dan penerimaan bahan sebagai pakan ternak ruminansia. Parameter warna, aroma, tekstur, dan pH dapat diamati secara langsung, relatif sederhana, dan praktis diterapkan di lapangan sebagai evaluasi awal sebelum dilakukan pengujian biologis atau analisis kimia yang lebih kompleks (Muck *et al.*, 2018; Hao *et al.*, 2024). Oleh karena itu, evaluasi kualitas fisik menjadi tahap awal yang krusial untuk menentukan kelayakan silase sebelum dilanjutkan ke pengujian konsumsi, pencernaan, dan respons ternak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan berbagai level EM4 dan molase terhadap kualitas fisik silase limbah serai wangi (*Cymbopogon nardus*).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari hingga Februari 2026. Pembuatan silase dilakukan di Cihamerang, Kecamatan Kalandungan, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Pengujian kualitas fisik silase dilakukan di Laboratorium Nutrisi Ternak, Fakultas Pertanian, Universitas Garut.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu limbah serai wangi sisa hasil penyulingan minyak atsiri; starter fermentasi menggunakan EM4 komersial yang mengandung bakteri asam laktat, bakteri fotosintetik, dan ragi; molase dari tetes tebu sebagai sumber energi mikroba; dan air bersih untuk proses pengenceran.

Peralatan yang digunakan terdiri atas mesin pencacah (*chopper*) untuk memotong limbah serai wangi, terpal sebagai alas pencampuran, plastik ukuran 50 × 80 cm sebagai wadah fermentasi, timbangan digital untuk menimbang bahan, vakum untuk membuang udara di dalam plastik yang sudah diisi limbah serai wangi, gelas ukur untuk mengukur banyaknya EM4 dan molase yang digunakan serta pH meter merek *Hanna Instruments HI98107* untuk mengukur derajat keasaman.

Metode dan Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan dan lima kali ulangan. Perlakuan yang diberikan berupa pembuatan silase limbah serai wangi dengan penambahan EM4 dan molase pada level yang berbeda, yaitu sebagai berikut: P1 (campuran limbah serai wangi, EM4 dan molase 1%), P2 (campuran limbah serai wangi, EM4 dan molase 2%), P3 (campuran limbah serai wangi, EM4 dan molase 3%), dan P4 (campuran limbah serai wangi, EM4 dan molase 4%).

Limbah serai wangi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah hasil penyulingan minyak atsiri. Sebelum proses ensilase, limbah dicacah menggunakan chopper hingga berukuran sekitar 3–5 cm untuk memperoleh ukuran partikel yang lebih kecil sehingga memudahkan proses pencampuran dan pemadatan. Selanjutnya, limbah dikeringanginkan di atas terpal terbuka hingga kadar air mencapai sekitar 60%, yang ditandai dengan kondisi bahan masih terasa basah saat digenggam tanpa mengeluarkan air. Pengaturan kadar air tersebut dilakukan untuk menciptakan kondisi yang optimal bagi proses fermentasi silase. Setelah kadar air sesuai, limbah serai wangi ditimbang sesuai kebutuhan masing-masing perlakuan, kemudian larutan starter disiapkan dengan mencampurkan EM4 dan molase ke dalam air bersih dengan perbandingan EM4:molase sebesar 1:1:10 mengacu pada [Holik et al. \(2019\)](#). Larutan starter kemudian disiramkan secara merata ke seluruh permukaan limbah serai wangi yang telah dicacah, selanjutnya diaduk hingga homogen agar EM4 dan molase terdistribusi secara merata pada bahan. Campuran limbah dan larutan starter kemudian dimasukkan ke dalam silo berupa kantong plastik vakum dan dipadatkan secara bertahap untuk mengeluarkan udara yang terperangkap, sehingga tercipta kondisi anaerob yang mendukung aktivitas bakteri asam laktat. Setelah proses pemadatan selesai, sisa udara di dalam kantong dikeluarkan menggunakan alat vakum, kemudian kantong ditutup rapat dan diikat untuk mencegah masuknya udara selama proses fermentasi. Silase selanjutnya disimpan pada suhu ruang $\pm 27\text{--}30^\circ\text{C}$ selama 21 hari tanpa dilakukan pembukaan silo hingga proses fermentasi selesai.

Variabel Penelitian

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi kualitas fisik dan perhitungan Skor Fleigh, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Aroma, yaitu bau khas hasil fermentasi atau pembusukan yang diukur secara kualitatif ordinal menggunakan indra penciuman dengan kategori seperti aroma asam.
2. Warna dinilai berdasarkan penampakan visual permukaan akibat perubahan pigmen, di mana pengukurannya dilakukan melalui pengamatan langsung atau pencocokan kartu warna untuk

menghasilkan data skala nominal seperti kuning kecokelatan, coklat kekuningan atau hitam.

3. Tekstur didefinisikan sebagai tingkat kekerasan atau kepadatan fisik struktur sampel, yang diukur melalui pengamatan langsung atau pencocokan kartu tekstur untuk menghasilkan data skala nominal seperti lembut, agak kasar, kasar dan rapuh.
4. Keberadaan jamur dioperasikan sebagai ada atau tidaknya pertumbuhan miselium secara makroskopis di permukaan sampel, yang diamati langsung dan dicatat menggunakan skala nominal.
5. pH silase dilakukan dengan menghomogenkan 10 gram sampel silase ke dalam 90 ml akuades. Larutan disaring menggunakan kertas saring, kemudian filtratnya diukur dengan pH meter.
6. Nilai Skor Fleigh dihitung berdasarkan rumus menurut [Kilic \(1986\)](#): $SF = 220 + (2 \times \% BK - 15) - (40 \times pH)$.

Tabel 1. Indikator penilaian kualitas fisik silase

Kualitas fisik	Skor	Karakteristik Silase
Warna	3	Kuning kecokelatan
	2	Coklat kekuningan
	1	Hitam
Aroma/bau	3	Aroma asam segar
	2	Aroma asam
	1	Busuk
Tekstur	3	Lembut
	2	Agak kasar
	1	Kasar dan rapuh
Keberadaan jamur	3	Tidak berjamur
	2	Berjamur di atas 10 %
	1	Berjamur di atas 75 %

Sumber : [Sandi et al. \(2022\)](#)

Tabel 2. Skor penilaian nilai skor fleigh

Kualitas	Skor
Sangat Baik	85-100
Baik	60-80
Agak Baik	55-60
Sedang	25-40
Tidak Baik	<20

Sumber: [Öztürk et al. \(2022\)](#)

Pengamatan kualitas fisik dilakukan dengan menggunakan uji skoring menurut [Sandi et al. \(2022\)](#) yang dilakukan oleh panelis yang berjumlah 20 orang dari mahasiswa Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Garut. Setelah itu, data yang diperoleh ditransformasikan ke skala numerik seperti terlihat pada Tabel 1. Adapun penilaian Skor Fleigh diambil dari nilai pH dan juga bahan kering yang mengacu pada [Öztürk et al. \(2022\)](#) pada Tabel 2.

Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance/ANOVA*). Analisis menggunakan perangkat lunak SPSS versi

26.0. Jika perlakuan menunjukkan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$), pengujian dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data rata-rata warna, tekstur, aroma, keberadaan jamur, nilai pH, dan skor Fleigh silase limbah serai wangi (*Cymbopogon nardus*) akibat penambahan berbagai level *Effective Microorganisms* 4 (EM4) dan molase disajikan pada Tabel 3.

Warna

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh penambahan berbagai level EM4 dan molase tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) terhadap nilai warna

silase limbah serai wangi. Hal ini sejalan dengan penelitian [Karyono *et al.* \(2024\)](#) dan [Alwi *et al.* \(2022\)](#), di mana perlakuan komposisi bahan silase yang diberi larutan aktivator dan molase tidak memberikan pengaruh nyata terhadap parameter warna.

Tidak adanya perbedaan warna silase berkaitan dengan kondisi anaerobik yang seragam di seluruh kantong plastik vakum yang mampu mencegah reaksi oksidasi enzimatis berlebihan. Selama proses ensilase, seluruh massa bahan pakan mengalami perubahan kimia dan biokimia yang seragam di bawah kondisi anaerobik yang terkontrol ketat. Keberhasilan pembuatan silase bergantung pada pengasaman sistemik dan stabilisasi seluler yang secara seragam mengubah pigmen tanaman di seluruh bagian silase ([Kiram *et al.*, 2023](#); [Fahmi *et al.*, 2019](#)).

Tabel 3. Rataan kualitas fisik silase limbah serai wangi akibat penambahan EM4 dan molase

Variabel	Nilai			
	P1	P2	P3	P4
Warna	2,19 ± 0,02	2,21 ± 0,04	2,20 ± 0,05	2,20 ± 0,05
Tekstur	2,35 ± 0,06	2,41 ± 0,06	2,31 ± 0,15	2,37 ± 0,08
Aroma	2,26 ± 0,10 ^{ab}	2,23 ± 0,02 ^b	2,19 ± 0,11 ^b	2,38 ± 0,07 ^a
Jamur	2,69 ± 0,11 ^b	2,81 ± 0,04 ^{ab}	2,75 ± 0,05 ^{ab}	2,83 ± 0,07 ^a
pH	5,54 ± 0,28 ^b	4,84 ± 0,13 ^a	4,82 ± 0,08 ^a	4,68 ± 0,20 ^a
Skor Fleigh	47,06 ± 12,86 ^b	75,21 ± 6,16 ^a	75,27 ± 4,34 ^a	79,12 ± 8,17 ^a

^{abc} Superskrip huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji lanjut DMRT. P1 (campuran limbah serai wangi, EM4 dan molase 1%), P2 (campuran limbah serai wangi, EM4 dan molase 2%), P3 (campuran limbah serai wangi, EM4 dan molase 3%), dan P4 (campuran limbah serai wangi, EM4 dan molase 4%).

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata skor warna silase limbah serai wangi berkisar antara 2,19–2,21, yang mengindikasikan cokelat kekuningan. Karakteristik warna ini diturunkan dari sifat genetik bahan baku awal limbah serai wangi yang telah melewati ekstraksi panas saat proses penyulingan minyak atsiri sebelum difermentasi. Perubahan warna limbah serai menjadi cokelat kekuningan selama proses ensilase disebabkan oleh degradasi klorofil dalam kondisi asam, reaksi pencoklatan nonenzimatis akibat aktivitas mikroba, serta peningkatan konsentrasi pigmen alami tumbuhan. Fermentasi karbohidrat terlarut oleh bakteri asam laktat (BAL) menghasilkan asam laktat yang menurunkan pH lingkungan, sehingga memicu pelepasan ion magnesium dari molekul klorofil dan mengubahnya menjadi feofitin serta feoforbida yang berwarna cokelat kekuningan ([Santra *et al.*, 2020](#)). Selain itu, panas metabolisme dari aktivitas mikroba anaerobik menstimulasi reaksi Maillard, yaitu ikatan kimia antara gula pereduksi dan asam amino bebas tanaman yang menghasilkan polimer melanoidin berwarna kuning kecoklatan. Bersamaan dengan proses tersebut, degradasi karbohidrat struktural serai meningkatkan konsentrasi pigmen stabil seperti karotenoid dan senyawa fenolik berupa geraniol serta tanin, sehingga warna kuning-cokelat alami menjadi lebih dominan ([Wang *et al.*, 2022](#)).

Secara visual, karakteristik warna cokelat kekuningan ini menjadi indikator keberhasilan fermentasi silase limbah serai wangi.

Tekstur

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan level EM4 dan molase tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap tekstur silase limbah serai wangi. Peningkatan kadar EM4 dan molase tidak secara signifikan mengubah tekstur fisik akhir silase limbah karena tekstur diatur oleh komponen dinding sel struktural bahan baku, bukan oleh aditif yang larut. Meskipun aditif ini secara drastis mengubah lingkungan kimia internal silase seperti menurunkan pH dan meningkatkan produksi asam laktat, aditif tersebut tidak merusak kerangka fisik pakan yang kuat ([Riyanti & Febriza, 2023](#)). Bakteri asam laktat di dalam EM4 hanya mengonsumsi karbohidrat terlarut. Bakteri tersebut tidak memproduksi enzim selulase atau xilanase secara signifikan untuk mendegradasi dinding sel serat kasar serai wangi. Oleh karena itu, arsitektur fisik silase tetap menyerupai bahan asalnya ([Li *et al.*, 2021](#)). Hal ini membuktikan teknologi ensilase tanpa inokulan lignoselulolitik murni berfungsi sebagai sarana pengawetan, bukan perombak serat. Hasil penelitian ini sejalan dengan [Iskandar *et al.* \(2024\)](#) dan [Suningsih *et al.* \(2019\)](#) yang menyatakan

bahwa penambahan inokulan mikroba tidak selalu memberikan pengaruh nyata terhadap parameter tekstur silase.

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata skor tekstur silase limbah serai wangi berkisar antara 2,31–2,41, yang menunjukkan kondisi fisik yang agak kasar. Hal ini dipengaruhi oleh tingginya kandungan serat kasar pada bahan baku limbah serai wangi. Tekstur fisik silase pakan ternak tetap kasar selama proses silase kimia dan biologis yang tepat karena selama proses ensilase integritas struktural sel bahan tetap dipertahankan. Mempertahankan tekstur kasar, masih jelas seperti bahan asalnya, tidak menggumpal, dan mudah dipisahkan merupakan indikator silase berkualitas (Weinberg, 2023). Retensi tekstur silase yang agak kasar ini terjadi karena bakteri asam laktat (BAL) hanya memetabolisme karbohidrat terlarut dan tidak mampu mendegradasi komponen serat struktural dinding sel tanaman. Selain itu, penurunan pH yang cepat hingga mencapai kisaran optimal 3,8–4,2 melalui pengasaman langsung atau produksi asam laktat terbukti efektif menonaktifkan enzim tanaman serta menekan pertumbuhan mikroba selulolitik perusak, seperti jamur, ragi, dan *Clostridium*, di dalam kondisi anaerobik, yang mencegah degradasi silase menjadi lunak, berlendir, dan tidak menggumpal (Umami et al., 2023; da Silva et al., 2017).

Aroma

Hasil analisis sidik ragam membuktikan bahwa penambahan berbagai level EM4 dan molase berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap aroma silase limbah serai wangi. Rataan aroma silase berkisar antara 2,19–2,38 yang merepresentasikan aroma asam segar khas fermentasi. Perlakuan P4 (4% EM4 + 4% molase) menghasilkan skor aroma tertinggi sebesar 2,38, sedangkan skor terendah pada perlakuan P3 sebesar 2,19. Hasil ini sesuai dengan Wiguna et al. (2024) yang menyatakan bahwa penggunaan aditif fermentasi dapat memperbaiki kualitas fisik silase, termasuk aroma. Penambahan molase dan EM4 menciptakan aroma segar dan asam pada silase pakan ruminansia karena mempercepat proses fermentasi asam laktat terkontrol yang sangat efisien dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen). EM4 menyediakan mikroba esensial, terutama bakteri asam laktat (LAB) seperti *Lactobacillus* sp. sebagai bioaktivator yang bertanggung jawab atas fermentasi yang bersih dan sehat. Sedangkan molase bertindak sebagai sumber makanan berenergi tinggi yang langsung memicu bakteri untuk bekerja maksimal dan dengan cepat mengubahnya menjadi asam laktat (Li et al., 2022).

Asam laktat memiliki dua fungsi vital yang menentukan aroma akhir silase, yaitu menurunkan pH sehingga menciptakan aroma asam, tajam, dan khas. Penurunan cepat ke lingkungan asam optimal dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme perusak penghasil asam butirat atau amonia seperti *Clostridia*, jamur, dan bakteri pembusuk, sehingga silase tetap

bersih serta menghasilkan aroma fermentasi yang asam dan segar (Akhtar et al., 2025). Selain asam laktat, fermentasi juga menghasilkan metabolit volatil, seperti asam asetat dan etanol, yang berkontribusi terhadap pembentukan karakter aroma silase (Guo et al., 2023). Selain memicu sensasi segar, tingginya akumulasi asam organik ini mampu mengoversi sekaligus menyamarkan aroma tajam sisa senyawa minyak atsiri (seperti sitronelas) yang kurang disukai ternak ruminansia

Jamur

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan berbagai level EM4 dan molase berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap keberadaan jamur pada silase limbah serai wangi. Rataan skor bebas jamur silase berkisar antara 2,69–2,83. Perlakuan P4 (4% EM4 + 4% molase) menghasilkan skor aroma tertinggi sebesar 2,83, sedangkan skor terendah pada perlakuan P1 sebesar 2,69. Skor yang semakin tinggi menunjukkan kondisi silase yang semakin bersih atau semakin rendah tingkat kontaminasi jamur. Perbedaan nyata antar perlakuan disebabkan oleh variasi level EM4 dan molase yang memengaruhi aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi. Kondisi fermentasi yang lebih tinggi pada P4 menghasilkan lingkungan yang lebih stabil dan lebih mampu menghambat pertumbuhan jamur (Kung et al., 2018).

Molase dan EM4 mengurangi jamur dalam silase dengan mempercepat pengasaman dan menghilangkan oksigen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan jamur. Jamur, kapang, dan ragi adalah organisme aerobik yang membutuhkan oksigen dan pH netral yang lebih tinggi untuk berkembang biak. Kombinasi molase dan EM4 bekerja sebagai sistem biopengawet yang sangat efisien melalui mekanisme: 1) bakteri asam laktat dalam EM4 mengonsumsi gula dalam molase dan mengubahnya menjadi sejumlah besar asam laktat dan asetat, menurunkan pH silase dengan cepat sehingga jamur tidak dapat bertahan hidup atau bereproduksi di lingkungan yang sangat asam; 2) bakteri heterofermentatif di EM4 menghasilkan asam asetat dan asam propionat yang bertindak sebagai agen antijamur alami yang sangat ampuh dengan merusak membran sel ragi dan kapang. Selain itu, volume mikroba yang sangat besar pada EM4 mendominasi ekosistem pakan dan secara agresif mengonsumsi nutrisi yang tersedia sehingga tidak menyisakan sumber daya apa pun bagi spora jamur untuk berkecambah (Liu et al., 2020; Muck et al., 2018).

pH

Derajat keasaman (pH) dan kontaminasi jamur merupakan indikator mutlak stabilitas biologis silase. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan peningkatan level EM4 dan molase berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai pH silase limbah serai wangi.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai pH silase berkisar antara 5,54–4,68, dengan nilai tertinggi terdapat pada perlakuan P1 (5,54). Sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan P4 (4,68), yang berbanding lurus dengan tingginya skor bebas jamur pada perlakuan tersebut (2,83). Penurunan pH pada perlakuan dengan level EM4 dan molase yang lebih tinggi menunjukkan bahwa aktivitas fermentasi berlangsung lebih optimal karena EM4 mengandung bakteri asam laktat yang mampu mengonversi karbohidrat menjadi asam laktat. Sesuai dengan pendapat [Banu *et al.* \(2019\)](#), fermentasi silase yang baik ditandai dengan terbentuknya asam laktat yang menyebabkan penurunan pH secara cepat. Hasil penelitian ini serupa dengan temuan [Koesmara *et al.* \(2024\)](#) yang menunjukkan bahwa proses fermentasi pada limbah serai wangi dapat memengaruhi nilai pH secara nyata tergantung pada lama perlakuan fermentasi.

Pasokan energi konstan dari 4% molase memicu multiplikasi BAL secara eksponensial pada fase awal ensilase. Fenomena ini mempercepat produksi asam laktat untuk menurunkan pH lingkungan. Kondisi asam yang ekstrem ini juga merusak dinding sel spora kapang (*molds*) dan khamir (*yeasts*) yang bersifat aerob fakultatif ([Pamungkas *et al.*, 2024](#)). Jika dibandingkan dengan standar kualitas silase, nilai pH pada penelitian ini belum memenuhi kriteria silase yang baik. [Banu *et al.* \(2019\)](#) menyatakan bahwa silase berkualitas baik memiliki pH berkisar antara 3,5–4,2, sedangkan nilai pH pada penelitian ini masih berada pada kisaran 4,68–5,54. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pengasaman selama fermentasi belum berlangsung secara optimal. Tingginya pH diduga berkaitan dengan karakteristik limbah serai wangi sebagai bahan utama silase yang telah mengalami proses penyulingan, sehingga ketersediaan karbohidrat mudah larut sebagai substrat fermentasi dapat menjadi terbatas. Meskipun molase ditambahkan sebagai sumber gula fermentabel dan EM4 sebagai sumber mikroorganisme fermentatif, jumlah substrat yang tersedia dan kemampuan mikroorganisme untuk memanfaatkannya dapat menentukan jumlah asam organik yang terbentuk selama ensilase. Hambatan lain penurunan pH ini juga diduga akibat efek antimikroba alami dari residu minyak serai wangi yang tertinggal di jaringan batang tanaman. Komponen sitronelal dan geraniol memiliki daya inhibisi parsial terhadap metabolisme bakteri fermentatif. Akibatnya, produksi total asam tidak mencukupi untuk menembus batas pH di bawah 4,5 ([Guo *et al.*, 2023](#)).

Skor Fleigh

Kualitas silase secara komprehensif dikuantifikasi melalui parameter skor Fleigh. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian EM4 dan molase pada berbagai level memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada skor Fleigh. Berdasarkan hasil penelitian, nilai skor Fleigh silase limbah serai wangi berada pada kisaran 47,06–79,12. Nilai terendah didapat pada perlakuan P1 sebesar

47,06, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada perlakuan P4 sebesar 79,12.

Berdasarkan rumus [Kilic \(1986\)](#), skor Fleigh berbanding terbalik dengan nilai pH. Terjadinya peningkatan nilai skor Fleigh dari P1 hingga P4 menunjukkan bahwa semakin tinggi level EM4 dan molase yang diberikan, maka kualitas silase semakin baik. Keberhasilan P4 menekan pH secara optimal langsung mendongkrak kestabilan nutrisi dan menjaga persentase Bahan Kering (BK) silase agar tidak menyusut akibat respirasi seluler sel limbah serai wangi. Hal ini sesuai dengan [Despal *et al.* \(2011\)](#) yang mengungkapkan bahwa skor Fleigh yang tinggi mencerminkan fermentasi yang berlangsung dengan baik, yang ditandai dengan pH rendah dan bahan kering yang terjaga. Secara substansial, peningkatan dosis EM4 dan molase memberikan efek pengawetan yang lebih baik dan linier. Meskipun perlakuan P2 (75,21) dan P4 (79,12) menunjukkan tidak adanya perbedaan secara statistik, perlakuan P4 secara numerik menunjukkan performa kualitas silase limbah serai wangi yang paling baik. Dengan pH lebih rendah, higienitas jamur lebih bersih, dan nilai skor Fleigh mendekati sangat baik, perlakuan P4 prospektif untuk diaplikasikan dalam jangka panjang.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penggunaan berbagai level kombinasi *Effective Microorganisms 4* (EM4) dan molase tidak mengubah karakteristik fisik warna (cokelat kekuningan) dan tekstur (agak kasar) silase limbah serai wangi (*Cymbopogon nardus*). Penambahan EM4 dan molase terbukti secara nyata meningkatkan kualitas fermentasi biokimiawi pakan. Formulasi dosis terbaik dicapai pada tingkat penambahan 4% EM4 dan 4% molase (perlakuan P4). Dosis ini menghasilkan aroma asam segar yang paling optimal, menekan kontaminasi jamur secara total, menurunkan derajat keasaman (pH) hingga level terendah, serta menghasilkan nilai Skor Fleigh tertinggi dengan kategori kualitas baik.

Berdasarkan hasil penelitian, penurunan nilai pH silase limbah serai wangi belum mampu mencapai batas ideal silase sempurna ($<4,2$). Hal ini diduga karena adanya hambatan parsial dari residu minyak atsiri alami serai wangi terhadap bakteri fermentatif. Oleh karena itu, bagi peternak yang ingin mengawetkan limbah penyulingan ini, disarankan menggunakan dosis kombinasi minimal 4% EM4 dan 4% molase. Diperlukan penelitian lanjutan untuk menggunakan kombinasi antara bakteri asam laktat dengan agen inokulan lignoselulolitik murni atau perlakuan awal fisik-kimia guna memutus hambatan serat struktural dan memaksimalkan penurunan pH silase.

DAFTAR PUSTAKA

Akhtar, M. F., Wenqiong, C., Umar, M., & Changfa, W. (2025). Biochemical properties of lactic acid bacteria for efficient silage production: An

DOI: <https://doi.org/10.30598/ajitt.2026.14.2.213-221>

- update. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1581430.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1581430>
- Alwi, W., Hadrawi, J., Nur, K., & Fitriastuti, R. (2022). Kualitas fisik dedak fermentasi dengan penambahan EM4 dan lama penyimpanan berbeda. *Buletin Peternakan Tropis*, 3(1), 68–74. <https://doi.org/10.31186/bpt.3.1.68-74>
- Ardiyanto, Y., & Sukaryani, S. (2025). Comparison of fermentation using MA 11 and EM4 on the physicochemical characteristics of rice straw. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(4a), 178-183. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i4a.10601>
- Banu, M., Supratman, H., & Hidayati, Y. A. (2019). The effect of various additive materials on physical quality and silase chemical rice chemistry (*Zea mays*. L). *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 19(2), 6. <https://doi.org/10.24198/jit.v19i2.22840>
- da Silva, T. C., da Silva, L. D., Santos, E. M., Oliveira, J. S., & Perazzo, A. F. (2017). Importance of the fermentation to produce high-quality silage. In *Fermentation processes*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/64887>
- Despal, Permana, I. G., Safarina, S. N., & Tatra, A. J. (2011). Addition of water soluble carbohydrate sources prior to ensilage for ramie leaves silage qualities improvement. *Media Peternakan*, 34(1), 69–76. <https://doi.org/10.5398/medpet.2011.34.1.69>
- Fahmi, M., Utomo, R., & Umami, N. (2019). Physical and chemical quality of silage from two *Pennisetum purpureum* sp varieties supplemented with molasses at different levels. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 387(1), 012059. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/387/1/012059>
- Fu, R., Han, L., Li, Q., Li, Z., Dai, Y., & Leng, J. (2025). Studies on the concerted interaction of microbes in the gastrointestinal tract of ruminants on lignocellulose and its degradation mechanism. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1554271. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1554271>
- Gharechahi, J., Vahidi, M. F., Sharifi, G., Ariaenejad, S., Ding, X. Z., Han, J. L., & Salekdeh, G. H. (2023). Lignocellulose degradation by rumen bacterial communities: New insights from metagenome analyses. *Environmental Research*, 229, 115925. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115925>
- Guo, X., Xu, D., Li, F., Bai, J., & Su, R. (2023). Current approaches on the roles of lactic acid bacteria in crop silage. *Microbial Biotechnology*, 16(1), 67–87. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14184>
- Gustiar, F., Munandar, M., Negara, Z. P., & Efriandi, E. (2020). Pemanfaatan limbah serai wangi sebagai pakan ternak dan pupuk organik di Desa Payakabung, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. *Abdihaz: Jurnal Ilmiah Pengabdian pada Masyarakat*, 2(1), 16-23. <https://doi.org/10.32663/abdihaz.v2i1.1114>
- Hao, M., Zhang, M., Tian, H., & Sun, J. (2024). Research on silage corn forage quality grading based on hyperspectroscopy. *Agriculture*, 14(9), 1484. <https://doi.org/10.3390/agriculture14091484>
- Holik, Y. L. A., Abdullah, L., & Karti, P. D. M. H. (2019). Evaluasi nutrisi silase kultivar baru tanaman sorgum (*Sorghum bicolor*) dengan penambahan legum *Indigofera* sp. pada taraf berbeda. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 17(2), 38-46. <https://doi.org/10.29244/jintp.17.2.38-46>
- Iskandar, D. M., Irsyammawati, A., & Subagiyo, I. (2024). Pengaruh penambahan EM4 terhadap pH, bakteri asam laktat dan produksi gas silase pakan lengkap berbasis rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). *Tropical Animal Science*, 6(2), 85–93. <https://doi.org/10.36596/tas.v6i2.1624>
- Jayanegara, A., Ayinda, R. S. K., & Laconi, E. B. (2017). Urea treatment of rice straw at elevated temperature and pressure: Effects on fiber content, rumen fermentation and digestibility. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 42(2), 81–87. <https://doi.org/10.14710/jitaa.42.2.81-87>
- Karyono, T., Herlina, B., Adlan, Z. U., & Trihanah, Y. (2024). Komposisi fermentasi silase jerami padi dan legume *Indigofera* (*Indigofera zollingeriana*) terhadap kualitas fisik dan nutrisi pakan ternak ruminansia. *Jurnal Peternakan Silampari (Jps)*, 3(1), 31-42. <https://www.ejurnal.unmura.org/index.php/peternakansilampari/article/view/226>
- Kilic, A. (1986). *Silo Yemi (Ogretim, ögrenim ve uygulama önerileri)*. Bornova, Izmir, Turkey: Bilgehan Press.
- Kiram, J., Zaini, H., & Satriananda, S. (2023). Manufacturing silage from field grass for cattle feed using the fermentation method. *Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi*, 21(02), 72-81. <http://dx.doi.org/10.30811/jstr.v21i02.5256>
- Koesmara, H., Armia, Y., Mustofa, A., Ammar, M., Ningsih, Y., & Makmur, A. (2024). Evaluation of physical quality, pH, fresh weight reduction and fungal percentage in citronella (*Cymbopogon nardus*) straw waste amofer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1297(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1297/1/012055>
- Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic

- components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020–4033.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Li, M., Zi, X., Zhou, H., Lv, R., Tang, J., & Cai, Y. (2021). Effect of lactic acid bacteria, molasses, and their combination on the fermentation quality and bacterial community of cassava foliage silage. *Animal Science Journal*, 92(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/asj.13635>
- Li, X. (2021). Plant cell wall chemistry: Implications for ruminant utilisation. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 9(1), 31–56.
<https://doi.org/10.3920/JAAN2020.0017>
- Li, Y., Du, S., Sun, L., Cheng, Q., Hao, J., Lu, Q., ... & Jia, Y. (2022). Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on dynamic fermentation quality and microbial community of native grass silage. *Frontiers in Microbiology*, 13, 830121.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.830121>
- Liu, B., Yang, Z., Huan, H., Gu, H., Xu, N., & Ding, C. (2020). Impact of molasses and microbial inoculants on fermentation quality, aerobic stability, and bacterial and fungal microbiomes of barley silage. *Scientific Reports*, 10(1), 5342.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-62290-7>
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3980–4000.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
- Novita, C. I., Helviza, C., & Asril, A. (2020). Pemanfaatan limbah sereh wangi (*Cymbopogon nardus*) amoniasi sebagai pengganti sebagian pakan basal terhadap kualitas semen segar domba ekor tipis. *Jurnal Agripet*, 20(2), 168–176.
<https://doi.org/10.17969/agripet.v20i2.15261>
- Nur, Y., & Arfai, A. (2025). Study of the fermentation of lemongrass waste (*Cymbopogon nardus*), rice bran, and corn fraction with *Pleurotus ostreatus* on the fiber fraction and the digestion of dry matter, organic matter, and crude protein. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 25(2), 4.
<https://doi.org/10.24198/jit.v25i2.61358>
- Öztürk, Y. E., Gülümser, E., Mut, H., Başaran, U., & Doğrusöz, M. Ç. (2022). A preliminary study on change of mistletoe (*Viscum album* L.) silage quality according to collection time and host tree species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(1), 104–112.
<https://doi.org/10.3906/tar-2109-97>
- Pamungkas, D., Hernaman, I., Istianto, M., Ayuningsih, B., Ginting, S. P., Solehudin, S., Paat, P. C., Mariyono, M., Tresia, G. E., Ariyanti, R., Fitriawaty, F., & Yusriani, Y. (2024). Enhancing the nutritional quality and digestibility of citronella waste (*Cymbopogon nardus*) for ruminant feed through ammoniation and fermentation techniques. *Veterinary World*, 17(7), 1603–1610.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1603-1610>
- Rido, M., Imanullah, A. S., Romadhan, P., & Utami, A. D. (2025). Penyediaan hijauan pakan untuk mendukung produktivitas ternak potong. *Bubalus: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(1), 26–33.
<https://bubalusipm.fp.unila.ac.id/index.php/bjpm/article/view/20>
- Riyanti, L., & Febriza, G. (2023). Kualitas fisik dan fraksi serat silase rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dengan penambahan molasses dan probiotik. *Jurnal Ilmu Peternakan Terapan*, 7(1), 10–17.
<https://doi.org/10.25047/jipt.v7i1.3894>
- Sandi, R., Kadir, M. J., & Rasbawati, R. (2022). Uji kualitas fisik dan nilai ph silase pakan komplit berbahan dasar jerami jagung (*Zea mays*) dengan penambahan azolla (*Azolla pinnata*) sebagai pakan ternak ruminansia. *Tarjih Tropical Livestock Journal*, 2(1), 14–20.
<https://doi.org/10.47030/trolj.v2i1.353>
- Santra, K., Song, A., Petrich, J. W., & Rasmussen, M. A. (2020). The degradation of chlorophyll pigments in dairy silage: The timeline of anaerobic fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(7), 2863–2868.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.10917>
- Sari, A. F., Manguwardoyo, W., & Sugoro, I. (2017). Degradasi ampas dan serai wangi segar (*Cymbopogon nardus* L) dengan metode in sacco pada kerbau fistula. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, TPV-2017, 119–125.
<http://dx.doi.org/10.14334/Pros.Semnas.TPV-2017-p.118-124>
- Sitohang, F., Sitohang, D., Silaban, M. O., Lubis, K., & Situmorang, N. (2025). Bioetika pemanfaatan limbah padat sereh wangi untuk pakan ternak dan pupuk organik. *BIOSCIENTIAE*, 22(2), 76–89. <https://doi.org/10.20527/b.v22i2.16376>
- Solehudin, S., Hernaman, I., Ayuningsih, B., & Pamungkas, D. (2024). Efektivitas amoniasi, fermentasi, dan amoniasi-fermentasi dengan *Trichoderma harzianum* pada jerami sereh wangi (*Cymbopogon nardus*). *Jurnal Agripet*, 24(1), 51–56.
<https://doi.org/10.17969/agripet.v24i1.29594>
- 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>
- Tuovinen, O. H., Niemelä, S. I., & Rajala-Schultz, P. J. (2025). The Role of microbes in ensiling. *Microorganisms*, 13(10), 2237.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms13102237>

- Umami, N., Widyobroto, B. P., Paradhipta, D. H. V., Solekhah, Z. A., & Nurjanah, L. L. (2023). Silage quality based on the physical and chemical of several napier grass varieties (*Pennisetum purpureum*) supplied with different levels of pollard. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1183(1), 012015. IOP Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1183/1/012015>
- Wang, N., Zhang, Q., Han, W., Bai, C., Hou, B., Liu, Y., & Wang, S. (2022). Chemical characteristics of dark-brown humic-like substances formed from the abiotic condensation of Maillard precursors with different Glycine Concentrations. *Agronomy*, 12(9), 2199.
<https://doi.org/10.3390/agronomy12092199>
- Weinberg, Z. G. (2023). The ensiling fermentation of forage crops. *Microbial Fermentations in Nature and as Designed Processes*, 353-372.
<https://doi.org/10.1002/9781119850007.ch14>
- Wiguna, I. A., Patty, C. W., & Fredriksz, S. (2024). Kualitas fisik silase jerami padi dengan penambahan dosis EM4 yang berbeda sebagai pakan ternak ruminansia. *Jurnal Agrosilvopasture-Tech*, 3(1), 127–133.
<https://doi.org/10.30598/j.agrosilvopasture-tech.2024.3.1.127>
- Zhang, N., Zhou, Y., Ali, A., Wang, T., Wang, X., & Sun, X. (2024). Effect of molasses addition on the fermentation quality and microbial community during mixed microstorage of seed pumpkin peel residue and sunflower stalks. *Fermentation*, 10(6), 314.
<https://doi.org/10.3390/fermentation10060314>
- Zheng, C., Cone, J. W., van Peer, A., Baars, J. J., & Hendriks, W. H. (2025). Conversion of lignocellulosic biomass into valuable feed for ruminants using white rot fungi. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 109(3), 800-811.
<https://doi.org/10.1111/jpn.14099>