

Kualitas Fisik, Fermentasi, dan Nutrien Silase Berbasis Limbah Kelapa Sawit yang Disuplementasi dengan *Indigofera zollingeriana*

Physical, Fermentation, and Nutritional Quality of Palm Oil By-Product Silage Supplemented with *Indigofera zollingeriana*

Ardiansyah^{1*}, U Y Alimin¹, A Safitri¹, I Sriwahyuni², H Mayulu¹

Corresponding email:
ardiansyah@faperta.unmul.ac.id

¹) Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Jl. Pasir Balengkong, Kampus Gunung Kelua, Kota Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia, faperta@unmul.ac.id

²) Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Jl. Pasir Balengkong, Kampus Gunung Kelua, Kota Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia, faperta@unmul.ac.id

ABSTRACT

Palm oil waste (leaves, fronds, and pith) is a high-fiber alternative feed material with potential as livestock feed. This study aimed to evaluate the nutritional value of oil palm waste silage supplemented with varying levels of *Indigofera zollingeriana*. The study used a Complete Randomized Design (CRD) with a 2 × 3 factorial pattern and 4 replicates. The first factor was the type of oil palm waste, consisting of leaves, leaf sheaths, and oil palm pith. The second factor was the level of *Indigofera zollingeriana* supplementation: 0%, 15%, and 30%. All treatments were supplemented with 5% rice bran, 5% molasses, and 2% *Phanerochaete chrysosporium*. The observed variables were physical quality, fermentation quality, and nutrient content. The results showed that the supplementation of *Indigofera zollingeriana* had no significant effect on physical quality; however, a 30% supplementation level increased the pH and produced a foul odor. Crude protein content increased significantly with higher *Indigofera zollingeriana* supplementation, rising from 6.89% at 0% to 9.38% at 30% ($p < 0.01$). Oil palm frond silage consistently had higher levels of crude fiber, ash, protein, lactate, and total digestible nutrient (TDN) compared to pith silage. Significant interactions were observed between waste type and *Indigofera zollingeriana* level regarding pH, Fleigh point, lactic acid, and dry matter. It can be concluded that the oil palm frond silage supplemented with 15% *Indigofera zollingeriana* is the best treatment, increasing nutrient content without significantly reducing fermentation quality.

Key words: *Indigofera zollingeriana*, palm oil waste, quality, silage

ABSTRAK

Limbah kelapa sawit (daun, pelepah, empulur) merupakan bahan pakan alternatif tinggi serat yang berpotensi sebagai pakan ternak. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi nilai nutrisi silase limbah kelapa sawit dengan suplementasi berbagai level *Indigofera zollingeriana*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Pola Faktorial 2 × 3 dengan 4 ulangan. Faktor pertama adalah jenis limbah kelapa sawit yang terdiri atas daun dan pelepah serta empulur sawit. Faktor kedua, level suplementasi *Indigofera zollingeriana*, yaitu 0%, 15%, dan 30%. Semua perlakuan ditambahkan dedak 5%, molases 5%, dan *P. chrysosporium* 2%. Peubah yang diamati yaitu kualitas fisik, kualitas fermentasi dan kandungan nutrisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi *Indigofera zollingeriana* tidak berpengaruh nyata terhadap kualitas fisik, namun pada level 30% meningkatkan pH dan menghasilkan aroma busuk. Peningkatan level *Indigofera zollingeriana* signifikan meningkatkan protein kasar dari 6,89% menjadi 9,38% pada 30% ($p < 0,01$). Silase daun pelepah sawit secara konsisten menunjukkan kandungan bahan kering, abu, protein kasar, lemak kasar, dan TDN yang lebih tinggi dibandingkan silase empulur. Interaksi nyata terjadi antara jenis limbah dan level *Indigofera zollingeriana* pada pH, nilai Fleigh, asam laktat dan bahan kering. Simpulan menunjukkan bahwa silase daun pelepah sawit yang disuplementasi dengan 15% *Indigofera zollingeriana* merupakan perlakuan terbaik yang mampu meningkatkan kandungan nutrisi tanpa menurunkan kualitas fermentasi secara signifikan.

Kata kunci: *Indigofera zollingeriana*, kualitas, limbah sawit, silase



Copyright © 2024 by JINTP
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

PENDAHULUAN

Pakan adalah komponen paling penting dalam suatu usaha peternakan ruminansia, karena pakan memberikan pengaruh terhadap keberhasilan dan produktivitas ternak serta merupakan faktor dominan dalam struktur biaya usaha peternakan, dengan kontribusi mencapai 60-70% dari total biaya produksi (Suroso et al. 2023). Penyediaan pakan hijauan umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi lingkungan cuaca, musim serta kualitas lahan sehingga menyebabkan kontinuitas pakan sulit dipenuhi terutama saat musim kemarau (Taufiqurrohman et al 2025). Permasalahan tersebut dapat menjadi penghambat dalam perkembangan populasi dan produktivitas ternak, sehingga perlu diupayakan sumber alternatif bahan pakan yang efektif dan efisien agar mampu menekan biaya produksi dan memenuhi kebutuhan pakan baik kuantitas, kualitas serta kontinuitas.

Penggunaan limbah dari sektor pertanian, pangan, dan perkebunan dapat dijadikan salah satu alternatif dalam memenuhi kebutuhan pakan dengan cara mengombinasikan berbagai jenis limbah tersebut menjadi pakan lengkap (Santoso et al., 2019). Industri perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu usaha yang menghasilkan limbah berupa daun, pelepah yang diperoleh saat pemanenan buah sawit dan empulur batang kelapa sawit adalah bagian tengah dari batang kelapa sawit yang dihasilkan saat replanting sawit yang sudah tidak produktif yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber alternatif bahan pakan ternak.

Pemanfaatan limbah sawit sebagai pakan ternak terhambat oleh kualitas nutrisi seperti kadar protein kasar (PK) rendah dan serat kasar (SK) yang tinggi sehingga membuat kecernaannya rendah (Sulasri et al. 2025). Oleh sebab itu, dibutuhkan perlakuan khusus yang mampu meningkatkan kandungan nilai nutrisi dan daya cernanya sebelum dapat dijadikan sebagai pakan alternatif ternak. Salah satu teknologi pakan yang dapat diterapkan adalah pembuatan silase. Silase merupakan metode penyimpanan pakan yang didasarkan pada fermentasi asam laktat dalam kondisi anaerobik, teknologi ini memungkinkan bagi peternak dalam mengawetkan hijauan pada saat produksi melimpah dan digunakan saat ketersediaan hijauan sedikit atau berkurang (Yusuf et al. 2025).

Proses ensilase saja belum mampu sepenuhnya mengatasi rendahnya PK dan tingginya SK pada limbah sawit. Oleh karena itu, penambahan leguminosa berkualitas tinggi seperti *Indigofera zollingeriana* dan kapang lignolitik *Phanerochaete chrysosporium* diharapkan dapat memperbaiki komposisi nutrisi dan pencernaan silase secara sinergis. *Indigofera zollingeriana* dikenal sebagai legum dengan kandungan PK rata-rata $29,16 \pm 2,37\%$ (Andana et al. 2025) dan terbukti meningkatkan kualitas nutrisi silase berbasis pelepah sawit (Barokah et al. 2017). Sementara itu, kapang *Phanerochaete chrysosporium* menghasilkan enzim

lignolitik (LiP, MnP, laccase) yang mampu mendegradasi lignin, sehingga meningkatkan aksesibilitas nutrisi bagi mikroba rumen (Guntoro 2017). Benaddou (2024) melaporkan bahwa ekstrak enzim *Phanerochaete chrysosporium* pada silase meningkatkan produksi asam laktat dan pencernaan pakan secara keseluruhan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai level inklusi *Indigofera zollingeriana* terhadap kualitas fisik, fermentasi dan kimia silase berbasis limbah kelapa sawit (daun pelepah dan empulur batang) yang diinokulasi *Phanerochaete chrysosporium*.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa ini daun, pelepah dan empulur kelapa sawit, legum *Indigofera zollingeriana*, dedak padi, molases dan kapang *P. chrysosporium*. Peralatan yang digunakan terdiri atas perlengkapan pembuatan silase, alat untuk menguji kualitas dan alat pengujian analisis proksimat silase.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola factorial yang terdiri atas 2 x 3 perlakuan dan 4 ulangan pada setiap perlakuan sehingga total terdapat 24 unit percobaan. Faktor pertama adalah jenis limbah kelapa sawit yaitu, kombinasi daun dan pelepah kelapa sawit (A1) serta empulur kelapa sawit (A2). Faktor kedua adalah level penambahan *Indigofera zollingeriana*, yaitu 0% (B1), 15% (B2) dan 30% (B3) semua perlakuan ditambahkan dedak padi 5% + molases 5% + *P. chrysosporium* 2%.

Prosedur Penelitian Pembuatan pakan

Tahapan awal proses pembuatan silase daun+ pelepah dan empulur sawit dengan formula yang tersaji pada Tabel 1, dicampur dengan ukuran 1-3 cm, kemudian dilakukan penjemuran atau bahan dasar silase diangin-anginkan hingga kadar airnya mencapai 70%. Selanjutnya, untuk silase A1 terbuat dari 500g daun sawit + 500g pelepah sawit, sedangkan silase A2 menggunakan 1000 g empulur sawit, masing-masing silase akan dicampur dan diaduk hingga merata agar homogen dengan bahan-bahan tambahan seperti *Indigofera zollingeriana* sesuai level yang telah ditentukan, molases 5%/50g dari 1000g bahan baku, dedak 5%/50g dari 1000g, dan *Phanerochaete chrysosporium* 2%/20g dari 1000g bahan baku.

Campuran sebanyak 1000 g kemudian dimasukkan ke toples secara bertahap dan dipadatkan untuk mengeluarkan udara sebelum ditutup rapat serta dilakban bagian tutup toples yang berpotensi udara masuk dan proses ensilase berlangsung selama 21 hari. Variabel yang diuji kualitas fisik, kualitas fermentasi dan kandungan nutrisi Variabel kualitas fisik terdiri atas

Tabel 1 Komposisi bahan penyusun silase pada setiap perlakuan

Jenis silase	Bahan tambahan (g 1000 g ⁻¹)					
	Pelepah + daun sawit	Empulur sawit	<i>Indigofera</i>	Dedak padi	Molases	<i>P. chrysosporium</i>
A1B1	1000	0	0	50	50	20
A1B2	1000	0	150	50	50	20
A1B3	1000	0	300	50	50	20
A2B1	0	1000	0	50	50	20
A2B2	0	1000	150	50	50	20
A2B3	0	1000	300	50	50	20

Keterangan: A1(500g daun sawit + 500g pelepah sawit); A2(1000 g empulur sawit); B1(0 g *Indigofera*); B2(150g *Indigofera*); B3(300g *Indigofera*)

warna, aroma, tekstur dan keberadaan jamur, sedangkan kualitas fermentasi diamati melalui pH, asam laktat dan kandungan nutrisi diamati yaitu bahan kering (BK), abu, protein kasar (PK), serat kasar (SK), lemak kasar (LK) dan total digestible nutrient (TDN).

Analisis Kualitas Fisik Silase

Analisis kualitas fisik silase dilakukan secara organoleptik melalui pengamatan langsung setelah proses ensilase selama 21 hari. Variabel yang dievaluasi meliputi warna, aroma, tekstur, serta keberadaan jamur pada permukaan silase. Penilaian warna dilakukan dengan membandingkan perubahan warna silase terhadap bahan sebelum fermentasi. Aroma diamati berdasarkan karakteristik bau yang muncul, aroma asam yang dihasilkan silase menunjukkan fermentasi berlangsung optimal, sedangkan bau busuk mengindikasikan fermentasi yang tidak sempurna. Tekstur dinilai dari kondisi fisik silase, mencakup tingkat keutuhan bahan, adanya penggumpalan dan lendir. Keberadaan jamur ditentukan secara visual melalui identifikasi pertumbuhan koloni pada permukaan silase. Hasil pengamatan kualitas fisik disajikan secara deskriptif untuk memberikan karakteristik setiap perlakuan.

Analisis Kualitas Fermentasi Silase

Variabel yang diamati pada analisis kualitas fermentasi silase terdiri atas 3 variabel yaitu: Variable derajat keasaman (pH), uji pH larutkan 5g sampel silase di wadah yang dengan 50mL aquades. Setelah sampel larut, sampel dimasukkan ke wadah yang berbeda sebanyak 10mL, kemudian uji pH menggunakan pH meter. Asam laktat dihitung dengan menimbang sampel silase sebanyak 10g ditambahkan akuades steril yang telah dilakukan sterilisasi sebanyak 90mL kemudian diaduk hingga homogen. Larutan disaring dan ditempatkan pada gelas plastik. Larutan silase diambil sebanyak 10mL kemudian ditempatkan pada erlenmeyer lalu ditambahkan tiga tetes PP (phenolphthalein) dan dilakukan titrasi dengan menggunakan larutan NaOH 0,1 N hingga terjadi perubahan warna menjadi pink seulas dan dibaca volume titrasi. Nilai fleigh adalah nilai indeks karakteristik silase berdasarkan nilai bahan kering (BK) dan pH silase. Berikut rumus perhitungan nilai fleigh (Idikut et al. 2009):

$$NF = 220 + (2 \times BK\% - 15) - (40 \times pH)$$

Analisis Kualitas Kimia Silase

Kualitas kimia silase mencerminkan kondisi fermentasi dari sisi biokimia serta menunjukkan sejauh mana kandungan nutrisi dalam pakan dapat dipertahankan selama proses penyimpanan. Variable yang diamati terdiri atas bahan kering, abu, protein kasar, serat kasar, lemak kasar, dan TDN.

Bahan kering diukur dengan 2 tahap, pertama pada saat panen silase berusia 21 hari, lalu dikeringkan menggunakan oven selama 48 jam dengan suhu 60°C (Harianti et al. 2023). Tahap kedua bahan ering (%) diukur dengan menggunakan sampel bahan kering rumput yang sudah digiling halus. Sampel dioven dengan suhu 105°C selama 4 jam. Sampel yang digunakan sebanyak 3 g untuk setiap unit percobaan. Sebelum ditimbang sampel didinginkan terlebih dahulu kurang lebih 15 menit di dalam desikator, kemudian di oven kembali selama 1 jam untuk memperoleh berat konstan (Fikriyah & Nasution, 2021).

Analisis kadar abu dimulai dengan cawan porselin kosong dioven dengan suhu 105° selama 15 menit, lalu cawan tersebut didesikator selama 15 menit dan kemudian ditimbang untuk mengetahui berat cawan kosong, kemudian dilanjutkan dengan uji kadar abu. Cawan dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 550 hingga proses pengabuan sempurna. Setelah itu, tunggu sekitar 30 menit lalu dikeluarkan dari tanur dan masukkan ke desikator selama 15 menit, kemudian timbang.

Uji protein kasar, sampel ditimbang sebanyak 1g, masukkan ke dalam Labu Kjeldahl, kemudian ditambahkan K₂SO₄ sebanyak 7 g dan CuSO₄ sebanyak 0,8 g ke dalam labu Kjeldahl yang berisi sampel, Selanjutnya ditambahkan H₂SO₄ sebanyak 12 ml, dilakukan di dalam lemari asam. Proses destruksi dilakukan di dalam ruang asam dengan memanaskan sampel yang ada pada labu Kjeldahl menggunakan kompor listrik hingga berwarna hijau toska, labu Kjeldahl didinginkan selama 20 menit, kemudian tambahkan akuades sebanyak 25 ml, NaOH 40% sebanyak 50 ml, dan beberapa butir batu didih ke dalamnya. Masukkan H₃BO₃ sebanyak 30 ml ke dalam tabung erlenmeyer dengan penambahan indikator BCG MR 3 tetes yang berfungsi untuk menangkap destilat. Destilat yang diperoleh dari hasil destilasi dititrasi dengan menggunakan larutan standar HCl 0,1 N hingga warna larutan berubah menjadi merah muda seulas. Perhitungan %N Blanko prosedur

kerjanya sama dengan cara perhitungan %N Sampel dengan syarat sampel diganti akuades.

Variabel serat kasar, setiap sampel ditimbang sebanyak 2g, persiapan larutan NaOH dan H₂SO₄. Setiap sampel menggunakan NaOH 2,5g yang dilarutkan dengan 200mL akuades, sedangkan larutan H₂SO₄ 2,5mL dengan 200mL akuades. Uji serat dilakukan dengan memasukkan 2g sampel ke gelas beker lalu tambahkan larutan NaOH yang telah dibuat kemudian dididihkan selama 30 menit dengan suhu 70°C di mesin crude fiber. Setelah itu saring menggunakan kertas saring sambil dialiri dengan akuades panas guna menghilangkan residu NaOH. Selanjutnya, sampel yang telah disaring masukkan kembali gelas beker yang bersih lalu masukkan larutan H₂SO₄ yang sudah dibuat, kemudian dididihkan selama 30 menit dengan suhu 70°C dimesin crude fiber. Setelah itu saring menggunakan kertas saring sambil dialiri dengan akuades panas guna menghilangkan residu H₂SO₄. Kemudian persiapan pengovenan, cawan porselin dioven selama 35 menit suhu 105°C lalu dinginkan ke dalam desikator selama 15 menit kemudian timbang untuk mengetahui berat kosong cawan. Selanjutnya, sampel yang sudah disaring masukkan ke cawan porselin untuk dioven suhu 105°C selama 4 jam lalu dinginkan kedalam desikator selama 15 menit lalu timbang.

Prosedur analisis lemak kasar menggunakan metode ekstraksi soxhlet, tahap awal sebanyak 2g sampel ditimbang lalu dibungkus dengan kertas saring lalu dilipat dan diikat menggunakan benang dengan rapat agar sampel tidak keluar dari kertas saring. Kemudian, labu alas bulat dioven suhu 105°C selama 15 menit lalu dinginkan di desikator selama 15 menit lalu timbang untuk mengetahui berat kosong labu alas bulat. Proses ekstraksi, sampel dimasukkan ke dalam tabung soxhlet. Kemudian tuangkan sebanyak 60 ml heksana ke dalam labu lemak. Selanjutnya, pasang alat soxhlet, rangkai dengan pendingin baik (kondensor), dan panaskan dengan suhu 70°C. Lalu lakukan proses ekstraksi selama 4-6 jam atau hingga terjadi 5-6 siklus pelarut jernih sempurna. Terakhir, lepaskan labu lemak dan oven pada suhu 105° hingga yang tersisa hanya lemak, lalu dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan timbang. Total digestible nutrients (TDN) adalah indikator penting untuk menilai kualitas silase sebagai sumber

energi bagi ternak ruminansia. Parameter ini menunjukkan total nutrien yang dapat dicerna, seperti karbohidrat, lemak, dan protein, yang tersedia bagi ternak. Semakin tinggi nilai TDN, semakin baik daya cerna pakan dan semakin optimal dukungannya terhadap performa produksi ternak. Nilai TDN sangat dipengaruhi oleh kandungan serat, khususnya Acid Detergent Fiber (ADF) yang terdiri atas lignin dan selulosa. Semakin tinggi kadar lignin dan selulosa, semakin rendah tingkat kecernaan pakan, sehingga nilai TDN ikut menurun (Firmansyah & Yulianto 2025). Menurut Christi *et al.* (2025) kebutuhan TDN untuk ternak ruminansia sekitar 60-75% dan kebutuhan ini memiliki perbedaan serta bergantung pada status fisiologis ternak. Perhitungan TDN menggunakan rumus Sutardi (2001):

$$TDN = 70,6 + (0,259 \times PK) + (1,01 \times LK) - (0,76 \times SK) + (0,0991 \times BETN)$$

Keterangan:

TDN : Total Digestible Nutrients (%)

PK : Protein Kasar (%)

LK : Lemak Kasar (%)

SK : Serat Kasar (%)

BETN : Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (%)

Analisis Data

Data pengamatan kualitas fisik silase disajikan dan diinterpretasikan secara deksriptif, sedangkan data kualitas fermentasi dan kandungan nutrien yang diperoleh dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA) pada taraf 5%. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan pada perlakuan dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Fisik

Penilaian kualitas fisik silase limbah kelapa sawit dengan berbagai level penambahan *Indigofera zollingeriana* dilakukan melalui penilaian terhadap warna, aroma, tekstur dan keberadaan jamur. Hasil evaluasi kualitas fisik silase disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kualitas fisik silase limbah kelapa sawit yang dikombinasikan dengan *Indigofera zollingeriana*

Perlakuan	Parameter			
	Warna	Aroma	Tekstur	Keberadaan jamur
A1B1	Cokelat tua	Asam	Utuh, tidak menggumpal, dan tidak belendir	Sangat sedikit
A1B2	Cokelat tua	Asam	Utuh, tidak menggumpal, dan tidak belendir	Sangat sedikit
A1B3	Cokelat tua	Busuk	Utuh, tidak menggumpal, dan tidak belendir	Tidak ditemukan jamur
A2B1	Cokelat muda	Asam	Utuh, tidak menggumpal, dan tidak belendir	Sangat sedikit
A2B2	Cokelat muda	Asam	Utuh, tidak menggumpal, dan tidak belendir	Tidak ditemukan jamur
A2B3	Cokelat muda	Busuk	Utuh, tidak menggumpal, dan tidak belendir	Tidak ditemukan jamur

Ket: A1B1 = daun pelepah sawit + 0% *Indigofera*, A1B2 = daun pelepah sawit + 15% *Indigofera*, A1B3 = daun pelepah sawit + 30% *Indigofera*, A2B1 = empulur sawit + 0% *Indigofera*, A2B2 = empulur sawit + 15% *Indigofera*, A2B3 = empulur sawit + 30% *Indigofera*.

Warna dan aroma

Warna silase seluruh perlakuan berkisar antara cokelat muda hingga cokelat tua, dimana silase daun pelepah (A1) berwarna lebih gelap dibanding silase empulur (A2). Perbedaan warna ini lebih mencerminkan karakteristik bahan baku daripada tingkat inklusi *Indigofera zollingeriana*. Pembentukan warna cokelat dikaitkan dengan degradasi klorofil akibat peningkatan suhu selama ensilase dan reaksi millard antara gula pereduksi dengan gugus amino bebas asam amino (Riyanti & Febriza, 2023). Menurut Sulistyio *et al.* (2020), silase berkualitas baik memiliki warna hijau kecoklatan, tidak berubah drastis dari warna asli bahan, dan bebas dari tanda kerusakan.

Aroma asam yang dihasilkan pada perlakuan B1 dan B2 (0% dan 15% indigofera) mengindikasikan fermentasi berlangsung baik melalui aktivitas bakteri asam laktat yang aktif menghasilkan asam organik (Rasuli *et al.* 2022). Sebaliknya, aroma busuk pada perlakuan B3 (30% Indigofera) diduga disebabkan oleh proteolisis berlebihan. Tingginya kandungan protein *Indigofera zollingeriana* meningkatkan kapasitas penyangga dan memperlambat penurunan pH, sehingga mendukung pertumbuhan bakteri *Clostridium* yang menghasilkan senyawa volatil berbau tidak sedap (Holik *et al.* 2019).

Tekstur dan Keberadaan Jamur

Tekstur seluruh perlakuan menunjukkan karakteristik seragam, yaitu utuh, tidak menggumpal, dan tidak berlendir, mengindikasikan tidak terjadi kerusakan struktur akibat aktivitas mikroba pembusuk. Keberadaan jamur hanya ditemukan dalam jumlah sangat sedikit pada permukaan beberapa perlakuan (A1B1, A1B2, A2B1), yang kemungkinan disebabkan masuknya sedikit oksigen saat penutupan silo (Chalistry 2021). Secara keseluruhan, kualitas fisik silase pada semua perlakuan masih dapat dikategorikan baik karena tidak ditemukan indikasi kerusakan yang ekstrim.

Kualitas Fermentasi

Penilaian kualitas fermentasi silase berbasis daun, pelepah, dan empulur kelapa sawit yang dikombinasikan dengan *Indigofera zollingeriana* dilakukan melalui penilaian terhadap nilai pH, nilai fleigh, dan asam laktat.

Hasil evaluasi terhadap kualitas fermentasi silase disajikan pada Tabel 3.

Derajat Keasaman (pH)

Pada penelitian ini terdapat interaksi jenis limbah sawit dan level inklusi *Indigofera zollingeriana* memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap pH silase ($p < 0,01$). Nilai pH silase berkisar antara 4,49–5,83. Perlakuan A1B1 dan A2B1 (tanpa Indigofera) menghasilkan pH terendah (4,49 dan 4,50), sedangkan pH tertinggi diperoleh pada A1B3 (5,83). Peningkatan pH seiring meningkatnya level *Indigofera zollingeriana* disebabkan oleh tingginya kandungan protein yang meningkatkan kapasitas penyangga (buffering capacity) bahan, sehingga penurunan pH berlangsung lebih lambat. Selain itu, proteolisis berlebihan menghasilkan amonia yang bersifat basa dan menaikkan pH (Ferdiansyah & Windyasmara 2026). Meskipun demikian, pH seluruh perlakuan masih menunjukkan stabilitas fermentasi yang dapat diterima karena tidak terdapat kerusakan ekstrim.

Nilai Fleigh

Nilai Fleigh silase limbah sawit menunjukkan adanya pengaruh nyata dari jenis bahan, level penambahan *Indigofera zollingeriana*, serta interaksi keduanya ($p < 0,01$). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas fermentasi tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi *Indigofera zollingeriana*, tetapi juga karakteristik bahan silase yang digunakan. Nilai Fleigh tertinggi diperoleh pada silase berbasis daun dan pelepah sawit tanpa penambahan *Indigofera zollingeriana* (A1B1) yaitu 106,04% sedangkan nilai fleigh terendah yaitu A1B3 sebesar 28,06%. Nilai yang tinggi tersebut berkaitan dengan kondisi pengasaman optimal yang umumnya ditandai oleh pH rendah dan pembentukan asam laktat yang tinggi, sehingga silase berada pada kondisi stabil. Penurunan kualitas mengindikasikan bahwa peningkatan bahan protein memperlambat proses penurunan pH sehingga pembentukan asam laktat tidak optimal.

Nilai yang rendah menunjukkan bahwa peningkatan Indigofera memperlemah proses fermentasi, kemungkinan akibat meningkatnya kapasitas penyangga

Tabel 3 Kualitas fermentasi silase limbah kelapa sawit yang dikombinasikan dengan *Indigofera zollingeriana*

Variabel	Faktor	B1	B2	B3	Rataan
pH	A1	4,49±0,09 ^d	4,95±0,10 ^c	5,83±0,12 ^a	5,09±0,59
	A2	4,50±0,00 ^d	5,55±0,25 ^b	5,65±0,27 ^{ab}	5,23±0,58
	Rataan	4,49±0,06	5,25±0,37	5,74±0,21	5,16±0,57
Nilai Fleigh	A1	106,04±1,43 ^a	81,32±5,56 ^b	42,04±5,13 ^c	76,47±27,82
	A2	78,20±0,18 ^b	31,10±10,38 ^d	28,06±10,95 ^d	45,79±25,24
	Rataan	92,12±14,91	56,21±27,93	35,05±10,89	61,13±30,34
Asam Laktat	A1	2,23±0,25 ^a	1,94±0,19 ^a	0,86±0,64 ^c	1,67±0,64
	A2	2,23±0,08 ^a	1,24±0,37 ^b	0,89±0,04 ^c	1,45±0,63
	Rataan	2,23±0,17	1,59±0,46	0,87±0,05	1,56±0,63

Ket: Superskrip berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$), A1= daun+pelepah sawit; A2= empulur sawit; B1= 0% *Indigofera zollingeriana*; B1= 15% *Indigofera zollingeriana*; B3= 30% *Indigofera zollingeriana*

Tabel 4 Kualitas kimia silase limbah kelapa sawit yang dikombinasikan dengan *Indigofera zollingeriana*

Variabel	Faktor	B1	B2	B3	Rataan
Bahan Kering	A1	40,27±1,30 ^a	37,16±0,93 ^b	35,02±0,43 ^c	37,48±2,41
	A2	26,60±0,09 ^d	24,05±1,00 ^e	24,53±0,20 ^e	25,06±1,27
	Rataan	33,44±7,36	30,60±7,06	29,78±5,62	31,27±6,62
Abu	A1	1,23±1,13	1,79±0,54	1,66±0,86	1,56±0,83 ^a
	A2	2,77±0,57	2,77±1,10	2,99±1,13	2,84±0,88 ^b
	Rataan	2,00±1,17	2,28±0,96	2,32±1,17	2,20±1,07
Protein Kasar	A1	7,84±0,80	9,65±0,54	9,94±0,35	9,14±1,11
	A2	5,93±0,45	7,62±0,90	8,82±0,88	7,46±1,42
	Rataan	6,89±1,18 ^c	8,63±1,29 ^b	9,38±0,86 ^a	8,30±1,51
Serat Kasar	A1	24,81±3,01	28,76±2,30	25,24±1,85	26,27±2,87
	A2	29,98±1,96	33,23±3,41	33,36±3,15	32,19±3,09
	Rataan	27,40±3,63 ^b	30,99±3,60 ^a	29,30±4,95 ^{ab}	29,23±4,20
Lemak Kasar	A1	8,74±3,75	11,36±4,82	5,82±3,93	8,64±4,35 ^a
	A2	3,24±1,09	7,49±2,86	3,43±0,53	4,27±2,59 ^b
	Rataan	5,99±3,90	9,42±4,13	4,63±2,83	6,68±4,02
Total Digestible Nutrien	A1	66,30±5,06	64,93±7,88	64,23±3,35	65,15±5,27 ^a
	A2	57,64±2,62	58,02±3,69	55,31±2,79	56,99±3,05 ^b
	Rataan	61,97±5,95	61,48±6,79	59,77±5,55	61,07±5,93

Ket: Superskrip berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$), A1= daun+pelelepah sawit; A2= empulur sawit; B1= 0% *Indigofera zollingeriana*; B1= 15% *Indigofera zollingeriana*; B3= 30% *Indigofera zollingeriana*

bahan dan terjadinya pemecahan protein selama ensilase. Nilai fleigh dipengaruhi oleh nilai bahan kering yang tinggi dan nilai pH yang rendah. Tinggi atau rendahnya nilai fleigh dipengaruhi oleh nilai BK dan pH silase semakin tinggi nilai BK dan semakin rendah nilai pH dapat meningkatkan nilai fleigh (Wati *et al.* 2018). Terlihat pada silase A1 menunjukkan nilai BK yang lebih tinggi daripada silase A2. Penelitian Kurniawan *et al.* (2019) kandungan BK yang cukup tinggi akan membantu proses penyerapan cairan, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada bahan, sedangkan nilai pH yang rendah menunjukan bahwa proses fermentasi berlangsung dengan baik. Keseluruhan data menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan *Indigofera zollingeriana*, kualitas fermentasi cenderung menurun, terutama pada bahan empulur sawit. Hubungan tersebut memperlihatkan bahwa nilai Fleigh berbanding terbalik dengan peningkatan pH dan penurunan pembentukan asam laktat, sehingga kombinasi daun pelelepah sawit tanpa penambahan *Indigofera zollingeriana* menghasilkan kualitas fermentasi paling optimal.

Asam Laktat

Kadar asam laktat pada silase menunjukkan adanya pengaruh perlakuan terhadap intensitas proses fermentasi. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor A berpengaruh nyata ($p < 0,05$), faktor B berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), serta interaksi kedua faktor juga berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar asam laktat, sehingga menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan berperan dalam menentukan aktivitas bakteri asam laktat selama proses ensilase.

Kadar asam laktat tertinggi terdapat pada perlakuan silase daun pelelepah sawit, A1B1 sebesar 2,23%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan

A1B2 sebesar 0,86%. Rataan kadar asam laktat mengalami penurunan seiring perubahan taraf faktor B, yaitu dari 2,23% pada B1 menjadi 1,59% pada B2 dan 0,87% pada B3. Silase empulur sawit juga mengalami penurunan dari setiap meningkatkan level penambahan indigofera, A2B1 2,23%, A2B2 1,24% dan A2B3 0,89%. Pola terlihat pada perubahan nilai pH yang cenderung meningkat pada taraf perlakuan tertentu, sehingga menunjukkan bahwa produksi asam organik yang lebih rendah menyebabkan kondisi silase menjadi kurang asam.

Hasil penelitian dengan kadar asam laktat yang baik berada pada perlakuan A1B1 dan A2B1 dengan rata-rata nilai asam laktat 2,23%. Kandungan asam laktat pada silase berkualitas baik berkisar 2-20% (Ali *et al.* (2020). Tingginya kadar asam laktat mencerminkan fermentasi yang berlangsung lebih intensif karena bakteri asam laktat menggunakan karbohidrat berupa glukosa sebagai sumber energi secara optimal untuk menghasilkan asam laktat. Produksi asam laktat yang lebih tinggi menyebabkan pH silase menurun, sehingga kerusakan nutrisi dan aktivitas mikroba pembusuk dapat ditekan (Ridwan *et al.* 2020).

Kandungan Nutrien Silase

Penilaian kualitas kimia silase berbasis limbah kelapa sawit yang dikombinasikan dengan *Indigofera zollingeriana* dilakukan melalui penilaian terhadap BK, Abu, PK, SK, LK dan TDN. Hasil evaluasi terhadap kualitas kimia silase disajikan pada Tabel 4.

Bahan Kering dan Kadar Abu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan silase, level penambahan *Indigofera zollingeriana*, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap kadar bahan kering silase ($p < 0,01$). Silase berbahan daun dan pelelepah

sawit memiliki kadar BK lebih tinggi dibandingkan silase berbahan empulur sawit pada seluruh level penambahan *Indigofera zollingeriana*. Kadar BK tertinggi silase A1B1 yaitu 40,27% sedangkan terendah adalah silase A1B2 yaitu 24,05%. Kandungan BK yang tinggi pada silase A1B1 karena tidak diberi *Indigofera zollingeriana*.

Penurunan BK silase seiring dengan peningkatan level penambahan *Indigofera zollingeriana* yang memiliki kadar protein dan kelembapan lebih tinggi dapat meningkatkan aktivitas mikroba fermentatif, sehingga komponen bahan kering lebih banyak terdegradasi menjadi produk fermentasi seperti asam organik, gas, dan air metabolik. Penelitian Kuncoro (2015), yang menyatakan bahwa pada saat proses fermentasi pakan berlangsung akan terjadi penurunan kadar bahan kering yang dikarenakan hilangnya kadar bahan kering yang digunakan dalam menjalankan aktivitas pada mikroorganisme.

Rendahnya BK juga berkaitan dengan kandungan air yang lebih tinggi, sehingga fraksi bahan kering yang tersisa setelah fermentasi menjadi lebih sedikit. Proses fermentasi berlangsung melalui dua tahap, yaitu fase aerob dan anaerob, (Aziz et al. 2022) menyatakan bahwa selama proses fermentasi berlangsung terjadi penurunan kadar bahan kering karena aerob (respirasi) masih berlangsung, sehingga glukosa terurai menjadi CO₂, H₂O, dan energi berupa panas. Selanjutnya, pada tahap anaerob (fermentasi), katabolisme glukosa menghasilkan etanol, karbondioksida, dan asam laktat serta meningkatkan kadar air. Menurut Denaneer et al. (2021) melaporkan bahwa peningkatan kadar air selama proses ensilase cenderung menurunkan kadar bahan kering. Apabila penurunan bahan kering tidak berlangsung secara berlebihan, maka proses fermentasi masih dapat dinilai berlangsung dengan baik, sehingga menyebabkan kadar BK silase daun pelepah sawit lebih tinggi karena kadar air antara silase daun pelepah lebih rendah yaitu pada kisaran 59,93-65,56% sedangkan silase empulur sawit memiliki kadar air yang lebih tinggi sekitar 73,28-75,68% saat silase dipanen.

Abu merupakan suatu zat anorganik yang berhubungan dengan jumlah mineral yang terkandung dalam bahan pakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan abu silase dipengaruhi nyata oleh jenis bahan limbah sawit, sedangkan level penambahan *Indigofera zollingeriana* serta interaksi tidak menunjukkan pengaruh nyata. Rataan kadar abu pada silase berbasis daun pelepah sawit (A1) sebesar 1,56%, sedangkan pada silase berbasis empulur sawit (A2) lebih tinggi yaitu 2,84%. Serta jika dilihat dari kandungan abu dari bahan baku empulur lebih tinggi yaitu 13,30% daripada kadar abu daun sawit 4,41% dan pelepah 3,96%.

Tingginya kadar abu pada silase berbasis empulur sawit diduga karena empulur memiliki kandungan mineral yang lebih besar dibandingkan bagian silase daun pelepah sawit. Penelitian Mustanir et al. (2023) menyatakan bahwa kadar abu merupakan fraksi anorganik dalam bahan pakan yang menunjukkan jumlah total mineral yang terkandung didalamnya. Lama

fermentasi juga merupakan hal yang mempengaruhi kadar abu pada silase (Satiyarti et al. 2023). Kondisi tersebut disebabkan oleh proses fermentasi yang melibatkan aktivitas mikroba dalam mendegradasi substrat, sehingga menyebabkan peningkatan kandungan bahan organik (Wijayanti et al. 2022), oleh sebab itu semakin sedikit bahan organik yang terdegradasi, maka semakin sedikit juga terjadinya penurunan kadar abu.

Protein Kasar

Kadar protein kasar (PK) silase meningkat secara nyata seiring bertambahnya level *Indigofera zollingeriana* ($p < 0,01$), dari rata-rata 6,89% pada B1 menjadi 8,63% pada B2 dan 9,38% pada B3. Peningkatan ini sesuai dengan penelitian Barokah et al. (2017) yang melaporkan kenaikan PK silase pelepah sawit sebesar 1,71–3,34% dengan penambahan *Indigofera zollingeriana* 20–60%. Tingginya PK *Indigofera zollingeriana* (rata-rata 29,16%; Andana et al. 2025) berkontribusi langsung dalam meningkatkan suplai nitrogen silase. Silase daun pelepah (A1) konsisten memiliki PK lebih tinggi (9,14%) dibanding silase empulur (A2, 7,46%), yang didukung oleh kualitas nutrisi bahan baku yang lebih baik.

Serat Kasar dan Lemak Kasar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan serat kasar silase dipengaruhi sangat nyata oleh jenis bahan limbah sawit ($p < 0,01$) dan dipengaruhi secara nyata oleh level penambahan *Indigofera zollingeriana* ($p < 0,05$). Silase berbasis daun dan pelepah sawit (A1), kadar serat kasar dengan rata-rata 26,27%, sedangkan silase berbasis empulur sawit (A2) menunjukkan kandungan serat kasar yang lebih tinggi dengan rata-rata 32,19%, hal tersebut disebabkan karena kandungan serat kasar merupakan bagian dari dinding sel yang sebagian besar tidak terurai selama fermentasi silase karena struktur selulosa hemiselulosa yang kompleks (Yi et al. 2023), serta dipengaruhi oleh jenis bahan baku dalam pembuatan silase dibandingkan oleh proses fermentasi itu sendiri (Ridla et al. 2025).

Faktor level *Indigofera zollingeriana* juga memberikan pengaruh berbeda nyata ($p < 0,05$), dengan rata-rata kandungan SK mulai dari 27,40% pada level 0% *Indigofera zollingeriana*, lalu 30,99% pada level 15% *Indigofera zollingeriana*, dan rata-rata SK 29,30% pada level 30% *Indigofera*. Penurunan SK dari 30,99% menjadi 29,30% pada level 15% dan 30% *Indigofera zollingeriana*, namun hasilnya tidak berbeda nyata saat di uji lanjut. Penelitian Barokah et al. (2017) juga melaporkan bahwa penambahan *Indigofera zollingeriana* dengan level 20%, 40% dan 60% mampu menurunkan kandungan SK silase pelepah kelapa sawit secara berturut-turut turun sebesar 5,429%, 4,477%, dan 4,669%, namun saat diuji lanjut menghasilkan pengaruh tidak berbeda nyata, diduga karena selama proses ensilase bukan bakteri pemecah serat yang tumbuh serta legum *Indigofera zollingeriana* lebih

diperuntukkan dalam peningkatan kandungan PK, yang terlihat pada penelitian mengalami peningkatan PK seiring dengan meningkatkan level pemberian *Indigofera zollingeriana*

Kadar lemak kasar (LK) lebih dipengaruhi oleh jenis limbah sawit ($p < 0,05$) dibanding level *Indigofera*, dengan silase A1 memiliki LK lebih tinggi (8,64%) dibanding A2 (4,27%). Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa faktor A (jenis limbah kelapa sawit) memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar lemak silase ($p < 0,05$), sedangkan penambahan faktor B (level *Indigofera zollingeriana*) tidak memberikan pengaruh nyata serta tidak terdapat interaksi antara faktor A dan B. Penelitian Barokah *et al.* (2017) menunjukkan bahwa penambahan biomassa *Indigofera* sebanyak 20%, 50% maupun 60% tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan lemak kasar pada silase campuran pelepah kelapa sawit dengan *indigofera*. Kemungkinan, penambahan *Indigofera* menyediakan suplai substrat bagi mikroba ensilase sehingga aktivitas fermentasi tetap terjaga, namun tidak berdampak pada peningkatan maupun penurunan kandungan lemak kasar silase. Menurut Barokah *et al.* (2017) bahwa penambahan *Indigofera zollingeriana* lebih berpengaruh terhadap kadar PK, SK dan BETN.

Penelitian Septian *et al.* (2024) menyatakan bahwa tingginya kandungan lemak kasar pada silase rumput pakchong diduga berkaitan dengan banyaknya karbohidrat larut air yang selama proses ensilase diubah menjadi asam lemak serta nilai pH yang rendah menunjukkan tingginya produksi asam lemak selama proses ensilase, sehingga berkontribusi terhadap meningkatkan kadar lemak kasar pada silase rumput pakchong. Nilai pH yang dihasilkan dengan penambahan level *Indigofera zollingeriana* yang semakin tinggi membuat nilai pH semakin tinggi, oleh sebab itu penambahan *Indigofera zollingeriana* tidak berpengaruh nyata terhadap kadar lemak silase.

Total Digestible Nutrients (TDN)

Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa jenis limbah sawit (A) berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap nilai Total Digestible Nutrients (TDN) silase. Sebaliknya, level penambahan *Indigofera zollingeriana* (B) maupun interaksi antara kedua faktor (A×B) tidak menunjukkan pengaruh signifikan. Rataan nilai TDN pada silase berbasis daun dan pelepah sawit (65,15%) lebih tinggi dibandingkan silase berbasis empulur sawit (56,99%). Temuan ini menegaskan bahwa variasi jenis limbah sawit yang digunakan sebagai bahan dasar silase berkontribusi terhadap ketersediaan nutrisi yang dapat dicerna oleh ternak. Mengacu pada Christi *et al.* (2025), kebutuhan TDN ruminansia berkisar antara 60–75% tergantung status fisiologis dan tingkat produksi. Nilai TDN yang diperoleh dalam penelitian ini masih berada dalam kisaran yang mampu memenuhi kebutuhan energi ternak ruminansia. Rendahnya nilai TDN pada silase empulur sawit diduga berkaitan dengan tingginya kandungan serat kasar (32,19%) dibandingkan silase

daun dan pelepah sawit (26,27%). Kandungan serat yang tinggi berhubungan dengan meningkatnya proporsi komponen dinding sel tanaman yang sulit dicerna, sehingga menurunkan pencernaan nutrisi dan nilai TDN (Firmansyah & Yulianto 2025).

SIMPULAN

Penambahan *Indigofera* tidak berpengaruh terhadap kualitas fisik silase, namun pemberian *Indigofera* pada level 30% membuat pH silase meningkat dan menurunkan kualitas fermentasi serta menghasilkan aroma busuk, akan tetapi semakin tinggi level penambahan *Indigofera* mampu meningkatkan kandungan PK silase jika dibandingkan dengan silase tanpa penambahan *Indigofera*. Silase kombinasi daun dan pelepah kelapa sawit menghasilkan silase paling baik dibandingkan silase empulur kelapa sawit yang secara hasil penelitian menunjukkan kandungan BK, PK, LK, TDN yang lebih tinggi. Silase berbasis daun dan pelepah kelapa sawit dengan penambahan *indigofera* sebanyak 15% (A1B2) terbukti menjadi kombinasi yang paling baik,

DAFTAR PUSTAKA

- Ali MRB, Pratomo D, Burhanuddin H, Ayuningsih B, Dhalika T, Mansyur & Hernaman I. 2020. Pengaruh lama fermentasi dan pemberian aditif molases atau lumpur kecap terhadap fermentabilitas dan kandungan protein kasar silase rumput gajah cv. Taiwan. *Jurnal Ilmu Ternak*, 20(1) : 81 - 86. <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/jit.V20i1.29853>
- Andana DP, Zahra RK & Rofiq A. 2025. Peran daun *indigofera* sebagai sumber protein pada ransum sapi potong. *Journal of Animal Sciences*. 1(1): 14–23.
- Aziz M, Kusmayadi T, Rohayati, T, Hadist I & Herawati E. 2022. Pengaruh dosis effective microorganism (Em4) terhadap kandungan bahan kering abu dan bahan organik pada dedak padi hasil fermentasi. *Jurnal Ilmu Peternakan*. <https://doi.org/10.52434/janhus.V7i1.2283>
- Barokah Y, Ali A & Erwan E. 2017. Nutrisi silase pelepah kelapa sawit yang ditambah biomassa *indigofera* (*Indigofera Zollingeriana*). *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 20(2): 59–68. <https://doi.org/10.22437/jiip.V20i2.4772>
- Benaddou M. 2024. Treatment with enzyme extracts of *Phanerochaete chrysosporium* and *Penicillium chrysogenum* to improve silage quality of alfalfa and bermuda grass. *International Journal of Agriculture and Biology*, 31(06): 456–464. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.2164>
- Chalisy VD. 2021. Pengaruh penambahan molases, *Lactobacillus plantarum*, *Trichoderma viride*, dan campurannya terhadap komposisi kimia silase total campuran hijauan. *Jurnal Sains Peternakan* 1 (1): 29-36 <https://doi.org/10.53863/jspn.V1i01.187>
- Christi RF, Islami RZ, Febrianto F & Sudrajat A. 2025. Eskalasi pengetahuan bahan pakan dan formulasi ransum ternak ruminansia bagi peternak milenial di Jawa Barat. *Farmers: Journal of Community Services*, 6(1): 56–61. <https://doi.org/10.24198/fjcs.v6i1.60409>
- Denaneer TA, Sidiq M, Ayuningsih B & Dhalika T. 2021. Pengaruh lumpur kecap pada ensilase campuran limbah sayuran dan tongkol jagung terhadap kandungan 38 zat makanan silase yang dihasilkan. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 3(1) : 32–39. <https://doi.org/10.24198/Jnttp.V3i1.35920>

- Ferdiansyah T & Windyasmara L. 2026. Fermentation of banana stems and indigofera Sp. using MA-11 with different durations on physical quality. *Jurnal Biologi Tropis*, 26(1): 518–525. <https://doi.org/10.29303/Jbt.V26i1.11015>
- Fikriyah YU & Nasution RS. 2021. Analisis kadar air dan kadar abu pada teh hitam yang dijual di pasaran dengan menggunakan metode gravimetri. *AMINA*, 3(2) : 50–54. <https://doi.org/10.22373/Amina.V3i2.2000>
- Firmansyah AR & Yulianto R. 2025. Analisis kandungan nutrisi silase tebon jagung dengan fermentor dan lama fermentasi berbeda. Conference of Applied Animal Science Proceeding Series. Jember (ID): Department of Animal Science, Politeknik Negeri Jember <https://doi.org/10.25047/animpro.2025.879>
- Guntoro EJ. 2017. Perbandingan komposisi dan dosis inokulum kapang *Phanerochaete chrysosporium* dan *Neurospora crassa* dalam proses fermentasi pakan ternak. *STOCK Peternakan*, 1(1) : 1–7. <https://doi.org/10.36355/Sptr.V1i1.95>
- Harianti F, Ridla M & Abdullah L. 2023. Pertumbuhan dan produksi hijauan rumput gajah pakchong panen pertama pada pemberian dosis pupuk dan umur potong berbeda. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*. 21(2) : 68–74. <https://doi.org/10.29244/jintp.21.2.68-74fik>
- Holik YLA, Abdullah L & Karti PDMH. 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>
- Idikut L, Arian B, Kaplan M, Guven I, Atalay A & Kamalak A. 2009. Potential nutritive value of sweet corn as a silage crop with or without corn ear. *Journal Of Animal and Veterinary Advances*, 8(4) : 734–741.
- Kuncoro DC, Muhtarudin & Fathul, F. 2015. Pengaruh penambahan berbagai starter pada silase ransum berbasis limbah pertanian terhadap protein kasar, bahan kering, bahan organik, dan kadar abu. *Jurnal ilmiah peternakan terpadu*, 3(4) : 234–238. <https://doi.org/10.23960/jipt.V3i4.P%25p>
- Kurniawan W, Syamsuddin S, Salid WL & Isnaini PD. 2019. Evaluasi kualitas, karakteristik fermentasi dan pencernaan In Vitro silase campuran sorgum stay green *Gliricidia Sepium* dengan penambahan berbagai level asam laktat. *Jurnal Agripet*, 19(2): 99–106. <https://doi.org/10.17969/Agripet.V19i2.14857>
- Mustaniroh, SA, Andriani RD, Mayang SSN, Zahro FA, Yulianingsih R, Kirana WC, Maulana A, Saleha RA, Fikrisani MZ, Wiryawan D, Budiman TAP, Nuradiningtias H, Anggoro RC & Prabaningtias N. 2023. Analisis kualitas pakan ternak silase dengan keragaman bahan hijauan (studi kasus di desa Sarongan, kab. Banyuwangi). *Journal Of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 4(2): 140–153. <https://doi.org/10.20884/1.Jaber.2023.4.2.10093>
- Rasuli N, Wibowo DN & Taufik M. 2022. Kajian kualitas silase rumput gajah (*Pennisetum Purpureum*) dengan penambahan lamtoro (*Leucaena leucocephala*), dedak, dan jagung giling. *Jurnal Agrisistem*, 18(1): 28–34. <https://doi.org/10.52625/JAgr.V18i1.223>
- Ridla M, Jayanegara A & Nahrowi N. 2025. Evaluation of silage quality, rumen fermentation dynamics, degradability, and methane emissions of total mixed rations formulated from agricultural by-products: An in vitro analysis. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 34(2): 442–450. <https://doi.org/10.22358/jafs/200863/2025>
- Ridwan M, Saefulhadjar D & Hernaman, I. 2020. Kadar asam laktat, amonia dan pH silase limbah singkong dengan pemberian molases berbeda. *Majalah Ilmiah Peternakan*, 23(1): 30–34. <https://doi.org/10.24843/MIP.2020.V23.I01.P05>
- 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>
- Santoso B, Hariadi BT & Widayati T. 2019. Pembuatan pakan komplit blok berbasis limbah pertanian dan industri pangan untuk penggemukan sapi di distrik prafi kabupaten Manokwari. *Buletin Udayana Mengabdikan*, 18(2). DOI: [10.24843/bum.2019.v18.i02.p10](https://doi.org/10.24843/bum.2019.v18.i02.p10)
- Satiyarti RB, Yustisiana SRTU & Sugiharta I. 2023. Analisis kualitas silase tanaman jagung sebagai pakan ternak dengan durasi fermentasi yang berbeda. *Organisms: Journal of Biosciences*, 3(2) : 71–78. <https://doi.org/10.24042/Organisms.V3i2.18043>
- Septian MH, Rahayu TP, Abdillah L & Elisa. 2024. The quality of pakchong grass silage fed with fermented bran ss based on its ph, dry matter, fleigh score, and ether extract. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 6(2), 84–92.
- Sulasri S, Napirah A & Bain A. 2025. Profil fisik dan kimia pelepah daun kelapa sawit yang diamoniiasi dengan level larutan urea molases berbeda. *Jurnal Ilmiah Peternakan Hulu Oleo*, 7(2): 232–236. <https://doi.org/10.56625/jipho.V7i2.280>
- Sulistyo HE, Subagiyo I & Yulinar E. 2020. Peningkatan kualitas silase rumput gajah (*pennisetum purpureum*) dengan penambahan jus tape singkong. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*. 3(2): 63–70.
- Sutardi T. 2001. Revitalisasi peternakan sapi perah melalui penggunaan ransum berbasis limbah perkebunan dan suplementasi mineral organik. Laporan akhir RUT VIII 1. Jakarta (ID): Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi dan LIPI.
- Suroso GGA, Adhianto K, Muhtarudin M & Erwanto E. 2023. Evaluasi kecukupan nutrisi pada sapi potong di KPT Maju Sejahtera Kecamatan Tanjung Sari Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 7(2) : 147–155. <https://doi.org/10.23960/jrip.2023.7.2.147-155>
- Taufiqurrohman M, Faroch U, Jannah SM, Amanda VR & Afifi Z. 2025. Pembuatan silase pakan ternak dari limbah tebon jagung sebagai inovasi pengolahan hasil pertanian. *Muria Jurnal Layanan Masyarakat*, 7(1): 37–45.
- Wati WS, Mashudi M & Irsyammawati A. 2018. Kualitas silase rumput odot (*pennisetum purpureum* cv. mott) dengan penambahan *Lactobacillus plantarum* dan molasses pada waktu inkubasi yang berbeda. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 1(1) : 45–53. <https://doi.org/10.21776/Ujnt.2018.001.01.6>
- Wijayanti T, Ngatirah N & Mardhatilah, D. 2022. Pembuatan silase daun kelapa sawit yang diperkaya dengan sumber protein. *BIOFOODTECH: Journal Of Bioenergy and Food Technology*, 1(1): 40–47. <https://doi.org/10.55180/Biofoodtech.V1i1.224>
- Yi Q, Yu M, Wang P, Du J, Zhao T, Jin Y, Tang H & Yuan B. 2023. Effects of moisture content and silage starter on the fermentation quality and in vitro digestibility of waxy corn processing byproduct silage. *Fermentation*, 9(12): 1–17. <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/5/920>
- Yusuf M, Kamaruddin K, Churriyah AN, Mariam M, Insani AN, Kaharuddin K, Said SA, Asri H, Astaman P & Pakaya, E. 2025. Pemberdayaan peternak melalui pelatihan pembuatan pakan silase di desa lombang kecamatan malunda kabupaten majene. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2) : 280–288. <https://doi.org/10.53299/bajpm.v5i2.1563>