

PENGARUH LEVEL LIMBAH DAUN UBI KAYU TERHADAP TOTAL BAKTERI DAN POPULASI PROTOZOA

Nursanti Laia*, Angelia Utari Harahap

Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Graha Nusantara, Kampus Tor 1
Simarsayang, Kota Padangsidempuan, Sumatera Utara, Indonesia

Corresponding Author : nursantilaia6@gmail.com

ABSTRAK

Limbah daun ubi kayu merupakan hasil samping pertanian yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pakan herbal ruminansia karena mengandung senyawa bioaktif yang dapat memengaruhi ekosistem mikroba rumen. Keseimbangan antara bakteri dan protozoa merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan keberhasilan fermentasi rumen serta pemanfaatan nutrisi pakan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh pemberian limbah daun ubi kayu pada berbagai level terhadap total bakteri dan populasi protozoa rumen secara *in vitro*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan empat ulangan, yaitu P0 (ransum basal tanpa limbah daun ubi kayu), P1 (ransum basal+5% limbah daun ubi kayu), P2 (ransum basal+10% limbah daun ubi kayu), dan P3 (ransum basal +15% limbah daun ubi kayu). Ransum basal terdiri atas rumput gajah 60%, dedak padi 25%, dan bungkil kelapa 15%. Fermentasi dilakukan menggunakan cairan rumen dan larutan buffer pada suhu 39°C. Parameter yang diamati adalah total bakteri dan populasi protozoa setelah inkubasi. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan level limbah daun ubi kayu cenderung meningkatkan total bakteri dan menurunkan populasi protozoa, dengan respons terbaik pada level 15%. Pola tersebut menunjukkan potensi limbah daun ubi kayu sebagai pakan herbal dalam memodulasi ekosistem mikroba rumen.

Kata Kunci : Daun Ubi Kayu, In Vitro, Populasi Protozoa, Rumen, Total Bakteri

PENDAHULUAN

Produksi ternak ruminansia sangat dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme rumen yang terdiri atas bakteri, protozoa, fungi anaerob, dan archaea metanogen. Mikroorganisme tersebut berperan dalam degradasi komponen pakan, fermentasi karbohidrat, pembentukan volatile fatty acids (VFA), pemanfaatan nitrogen, sintesis protein mikroba, serta pembentukan metana. Keseimbangan komunitas mikroba rumen menjadi faktor penting dalam menentukan efisiensi pemanfaatan pakan dan kehilangan energi selama proses fermentasi. Oleh karena itu, manipulasi

mikroorganisme rumen melalui penggunaan bahan pakan yang mengandung senyawa bioaktif merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan efisiensi fermentasi rumen (Bodas et al., 2012; Dai dan Faciola, 2019). Salah satu bahan lokal yang berpotensi digunakan sebagai pakan herbal adalah limbah daun ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz). Selain mengandung nutrisi, daun ubi kayu memiliki berbagai senyawa bioaktif, termasuk kelompok senyawa fenolik dan metabolit sekunder yang berpotensi memengaruhi aktivitas mikroorganisme rumen. Rashid et al. (2025) melaporkan

adanya berbagai komponen bioaktif pada *cassava foliage*, sedangkan Syahnir et al. (2018) menunjukkan bahwa pengolahan daun ubi kayu melalui fermentasi dapat menghasilkan bahan yang berpotensi dimanfaatkan dalam sistem pakan ruminansia. Senyawa tanaman seperti tanin, saponin, flavonoid, dan minyak atsiri diketahui dapat memodulasi fermentasi rumen serta komunitas mikroba (Jafari et al., 2019; Ku-Vera et al., 2020).

Penelitian Antonius et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan tanaman herbal dapat memengaruhi karakteristik fermentasi, pencernaan nutrisi, produksi metana, dan populasi protozoa secara *in vitro*. Hal ini sesuai dengan penelitian Harahap et al (2024), menunjukkan bahwa penggunaan 15% limbah daun ubi kayu menghasilkan pencernaan bahan kering 62,79%, pencernaan bahan organik 75,40%, VFA 148,42 mM, dan total metana 25,37%. Hasil tersebut menunjukkan adanya potensi limbah daun ubi kayu dalam memengaruhi proses fermentasi rumen, tetapi mekanisme mikrobiologis yang mendasarinya, khususnya terhadap total bakteri dan populasi protozoa. Protozoa memiliki hubungan erat dengan bakteri dan archaea metanogen dalam ekosistem rumen. Sebagian protozoa berperan dalam fermentasi karbohidrat dan pemanfaatan pati, tetapi keberadaannya juga berkaitan dengan predasi terhadap bakteri serta transfer hidrogen kepada archaea metanogen. Perubahan populasi protozoa dapat memengaruhi biomassa bakteri, pemanfaatan nitrogen, degradasi serat, dan pembentukan metana (Dai dan Faciola, 2019; Ku-Vera et al., 2020).

Berdasarkan dasar permasalahan diatas, pengukuran total bakteri dan populasi protozoa dapat dilakukan penelitian dari limbah daun ubi kayu sebagai pakan herbal ternak ruminansia.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium nutrisi ruminansia, Fakultas Peternakan, Universitas Andalas Padang. Penelitian berlangsung pada bulan Agustus sampai September 2026.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan terdiri atas limbah daun ubi kayu, rumput gajah, dedak padi, bungkil kelapa, cairan rumen segar, larutan buffer, bahan pengencer, larutan pewarna protozoa dan bahan kimia yang diperlukan untuk analisis mikrobiologi, fermentasi, serta peralatan penimbangan dan pengambilan sampel.

Persiapan Limbah Ubi Kayu

Limbah daun ubi kayu dipisahkan dari tanah, bahan asing dan bagian tanaman yang rusak. Daun kemudian dicuci menggunakan air mengalir dan dikeringkan pada suhu sekitar 60°C sampai mencapai bobot konstan. Bahan kering digiling hingga berukuran relatif seragam dan disimpan dalam wadah tertutup yang menggunakan pengeringan sekitar 60°C untuk menjaga konsistensi bahan herbal sebelum digunakan dalam fermentasi *in vitro*.

Rancangan Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang digunakan untuk menilai pengaruh perlakuan ransum dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan (Steel and Torrie, 1993). Perlakuan yang diberikan selama penelitian ini terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan ransum penelitian (100%)

Perlakuan	Bahan
P0	Ransum basal + 0% Limbah daun ubi kayu
P1	Ransum basal + 5% Limbah daun ubi kayu
P2	Ransum basal + 10% Limbah daun ubi kayu
P3	Ransum basal + 15% Limbah daun ubi kayu

Prosedur Fermentasi In Vitro

Substrat masing-masing perlakuan ditimbang berdasarkan bahan kering dan dimasukkan ke dalam botol fermentasi. Campuran cairan rumen dan larutan buffer kemudian ditambahkan dalam kondisi anaerob. Botol segera ditutup menggunakan stopper karet untuk mempertahankan kondisi anaerob dan diinkubasi pada suhu 39°C. Setelah periode inkubasi selesai, botol didinginkan dan cairan fermentasi digunakan untuk analisis mikrobiologis yang menggunakan inkubasi pada suhu 39°C dalam kondisi anaerob.

Pengukuran Total Bakteri

Total bakteri rumen dianalisis menggunakan metode penghitungan mikroskopis dengan ruang hitung/hemocytometer atau metode kuantifikasi bakteri yang tervalidasi di laboratorium. Sampel cairan fermentasi dihomogenkan kemudian dilakukan pengenceran sesuai kebutuhan. Suspensi dimasukkan ke ruang hitung dan diamati menggunakan mikroskop. Hasil dinyatakan sebagai jumlah sel bakteri per mL cairan rumen. Rumus total bakteri sebagai berikut :

Total bakteri (sel/mL) = jumlah sel terhitung × faktor pengenceran × faktor volume ruang hitung.

Pengukuran Populasi Protozoa

Populasi protozoa dihitung berdasarkan metode yang digunakan oleh Hristov (1998) menggunakan hemocytometer chamber, dengan dilusi 1:5 (1 ml sample with 5 ml methyl green formaldehyde solution). Protozoa dihitung dibawah 0,2 mm deep counting chambers dan 6 kelas diidentifikasi berdasarkan metode Dehority (1993).

Parameter yang Diamati

Parameter utama:

1. Total bakteri rumen ($\times 10^9$ sel/mL);
2. Populasi protozoa rumen ($\times 10^5$ sel/mL).

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%, maka dilakukan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Bakteri Rumen

Total bakteri rumen merupakan salah satu parameter penting untuk mengetahui respons mikroorganisme terhadap penggunaan limbah daun ubi kayu sebagai bahan pakan. Hasil pengukuran total bakteri rumen pada berbagai level pemberian limbah daun ubi kayu secara in vitro disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rataan Total Bakteri

Perlakuan	Total Bakteri ($\times 10^9$ sel/mL)
P0	5,42 ^a
P1	5,86 ^{ab}
P2	6,31 ^b
P3	6,74 ^c
SE	0,12

Keterangan: Angka dalam kolom dengan superskrip menunjukkan hasil berbeda sangat nyata ($P < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 2, total bakteri rumen menunjukkan peningkatan seiring dengan meningkatnya level limbah daun ubi kayu dalam ransum. Total bakteri pada perlakuan P0 sebesar $5,42 \times 10^9$ sel/mL, meningkat menjadi $5,86 \times 10^9$ sel/mL pada P1, $6,31 \times 10^9$ sel/mL pada P2, dan mencapai nilai tertinggi pada P3 yaitu $6,74 \times 10^9$ sel/mL. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan limbah daun ubi kayu hingga 15% mampu menciptakan kondisi yang lebih mendukung perkembangan populasi bakteri rumen. Perubahan populasi mikroba rumen sangat berkaitan dengan perubahan jenis dan ketersediaan substrat yang masuk ke dalam sistem fermentasi, karena komunitas mikroba merupakan komponen utama yang menentukan proses degradasi dan pemanfaatan nutrisi pakan.

Peningkatan total bakteri dari $5,42 \times 10^9$ sel/mL pada P0 menjadi $6,74 \times 10^9$ sel/mL pada P3 menunjukkan bahwa penambahan limbah daun ubi kayu tidak menghambat populasi bakteri secara keseluruhan, tetapi justru cenderung memberikan respons positif. Kondisi ini diduga berkaitan dengan tersedianya bahan organik dan komponen nutrisi dari daun ubi kayu yang dapat

dimanfaatkan oleh mikroorganisme rumen sebagai substrat fermentasi. Hasil penelitian Pinem et al. (2025) juga menunjukkan bahwa penggunaan daun ubi kayu dalam pakan lengkap dapat meningkatkan degradasi bahan kering, degradasi bahan organik, konsentrasi NH_3 , dan sintesis protein mikroba secara in vitro. Hal tersebut memperlihatkan bahwa daun ubi kayu memiliki potensi sebagai sumber bahan pakan yang dapat mendukung aktivitas mikroba rumen apabila diberikan pada tingkat yang sesuai.

Peningkatan populasi bakteri pada P2 dan P3 juga dapat dikaitkan dengan kemampuan mikroorganisme rumen dalam memanfaatkan komponen karbohidrat dari bahan pakan. Bakteri rumen mempunyai peran penting dalam mendegradasi karbohidrat struktural maupun nonstruktural menjadi senyawa antara yang selanjutnya digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan asam lemak volatil. Dengan semakin tersedianya substrat yang dapat difermentasi, pertumbuhan kelompok bakteri tertentu dapat meningkat sehingga total populasi bakteri juga mengalami perubahan. Dalam sistem rumen, bakteri, protozoa, fungi, dan archaea membentuk komunitas yang saling berinteraksi sehingga perubahan komposisi pakan dapat memengaruhi struktur dan aktivitas komunitas tersebut secara keseluruhan (Newbold dan Ramos-Morales, 2020).

Respons positif total bakteri pada penelitian ini juga penting dikaitkan dengan kandungan senyawa bioaktif daun ubi kayu. Daun ubi kayu tidak hanya mengandung nutrisi, tetapi juga berbagai senyawa fitokimia yang dapat

memengaruhi fermentasi rumen. Rashid et al. (2025) melaporkan bahwa foliage ubi kayu memiliki profil fitokimia yang kompleks dan berpotensi memengaruhi karakteristik fermentasi rumen secara in vitro. Dengan demikian, peningkatan populasi bakteri pada perlakuan P3 dapat menunjukkan bahwa pada level 15% keseimbangan antara penyediaan substrat dan pengaruh senyawa bioaktif masih memungkinkan bakteri rumen berkembang secara optimal.

Pada penelitian tersebut, peningkatan level limbah daun ubi kayu dari 0 hingga 15% diikuti oleh peningkatan pencernaan bahan kering dan bahan organik serta peningkatan VFA, sementara produksi metana mengalami penurunan. Hubungan antara kedua penelitian tersebut dapat digunakan sebagai dasar interpretasi bahwa peningkatan populasi bakteri pada P2 dan P3 berpotensi mendukung proses fermentasi dan pemanfaatan nutrisi, sementara perubahan komunitas mikroba lainnya dapat berkontribusi terhadap perubahan produksi metana.

Keberadaan senyawa metabolit sekunder dalam bahan pakan juga dapat menyebabkan perubahan komposisi komunitas mikroba tanpa harus menurunkan total bakteri. Banakar et al. (2019) menjelaskan bahwa senyawa metabolit sekunder tanaman seperti tanin, saponin, dan senyawa fenolik dapat memodifikasi komunitas mikroba dan pola fermentasi rumen. Efek tersebut bersifat tergantung pada jenis senyawa, konsentrasi, sumber tanaman, serta kondisi ransum. Oleh karena itu, peningkatan total bakteri pada penelitian ini tidak berarti bahwa seluruh kelompok bakteri meningkat dalam proporsi yang

sama, tetapi dapat menunjukkan adanya perubahan struktur komunitas bakteri yang secara total menghasilkan jumlah bakteri lebih tinggi.

Hasil penelitian ini juga dapat dikaitkan dengan konsep modulasi mikrobioma rumen melalui bahan pakan berbasis tanaman. Belanche et al. (2020) menjelaskan bahwa perubahan komposisi ransum dan penggunaan bahan fitogenik dapat memengaruhi mikrobioma rumen, termasuk bakteri yang berperan dalam degradasi substrat dan fermentasi. Peningkatan total bakteri pada P3 menunjukkan bahwa penggunaan limbah daun ubi kayu sampai 15% masih berada pada tingkat yang memungkinkan berlangsungnya aktivitas mikroba secara baik. Kondisi ini penting karena peningkatan aktivitas bakteri yang menguntungkan dapat meningkatkan pemanfaatan nutrisi dan mendukung efisiensi fermentasi rumen.

Nilai total bakteri pada P3 sebesar $6,74 \times 10^9$ sel/mL lebih tinggi, terutama karena peningkatan populasi bakteri berlangsung bersamaan dengan peningkatan level limbah daun ubi kayu. Peningkatan total bakteri tersebut selanjutnya perlu dilihat bersama dengan populasi protozoa. Hal ini penting karena protozoa memiliki hubungan predator-mangsa dengan bakteri, yaitu protozoa dapat memangsa bakteri dan memengaruhi aliran nitrogen serta biomassa mikroba di dalam rumen. Oleh sebab itu, peningkatan total bakteri pada P2 dan P3 belum dapat secara langsung diartikan sebagai peningkatan efisiensi mikroba tanpa mengetahui perubahan populasi protozoa dan parameter fermentasi lainnya. Dai dan Faciola (2019) menunjukkan bahwa perubahan

populasi protozoa dapat memengaruhi pemanfaatan nutrisi dan proses fermentasi rumen, sehingga evaluasi bakteri dan protozoa secara bersamaan akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai mekanisme respons mikroba terhadap perlakuan pakan.

Populasi Protozoa

Hasil pengukuran populasi protozoa rumen pada berbagai level penggunaan limbah daun ubi kayu secara *in vitro* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rataan Total Protozoa

Perlakuan	Protozoa ($\times 10^5$ sel/mL)
P0	8,46 ^c
P1	7,72 ^{bc}
P2	6,81 ^{ab}
P3	5,94 ^a
SE	0,18

Keterangan: Angka dalam kolom dengan superskrip menunjukkan hasil berbeda sangat nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 3, penggunaan limbah daun ubi kayu pada level yang berbeda menunjukkan adanya kecenderungan penurunan populasi protozoa rumen. Populasi protozoa tertinggi terdapat pada perlakuan P0 tanpa penambahan limbah daun ubi kayu, yaitu $8,46 \times 10^5$ sel/mL, sedangkan populasi terendah diperoleh pada perlakuan P3 dengan level limbah daun ubi kayu 15%, yaitu $5,94 \times 10^5$ sel/mL. Perlakuan P1 dan P2 masing-masing menghasilkan populasi protozoa sebesar $7,72 \times 10^5$ dan $6,81 \times 10^5$ sel/mL. Hal ini menunjukkan adanya respons populasi protozoa terhadap peningkatan penggunaan limbah daun ubi kayu dalam substrat fermentasi rumen.

Penurunan populasi protozoa dari $8,46 \times 10^5$ sel/mL pada P0 menjadi $5,94 \times 10^5$ sel/mL pada P3 menunjukkan bahwa peningkatan level limbah daun ubi kayu berpotensi memodulasi komunitas protozoa rumen. Pola penurunan yang konsisten dari P0, P1, P2 hingga P3 mengindikasikan bahwa semakin tinggi proporsi limbah daun ubi kayu yang digunakan, semakin besar kemungkinan terjadi tekanan terhadap populasi protozoa. Hal ini dapat dikaitkan dengan keberadaan metabolit sekunder tanaman yang mempunyai aktivitas antimikroba. Patra dan Saxena (2010) menjelaskan bahwa metabolit sekunder tanaman, terutama saponin dan tanin, dapat memengaruhi protozoa rumen dan selanjutnya mengubah proses metanogenesis. Salah satu mekanisme yang dapat menjelaskan penurunan tersebut adalah aktivitas senyawa saponin terhadap membran sel protozoa. Saponin mempunyai sifat surfaktan dan dapat berinteraksi dengan sterol membran sel protozoa sehingga mengganggu integritas membran dan menyebabkan penurunan viabilitas protozoa. Ku-Vera et al. (2020) menjelaskan bahwa saponin merupakan salah satu metabolit sekunder tanaman yang mempunyai aktivitas antiprotozoa dan dapat mengurangi populasi protozoa serta hubungan simbiotik protozoa dengan archaea metanogen. Dengan demikian, apabila limbah daun ubi kayu yang digunakan dalam penelitian ini menyediakan senyawa bioaktif yang aktif terhadap protozoa, peningkatan level penggunaannya secara logis dapat menghasilkan populasi protozoa yang semakin rendah.

Selain saponin, tanin dan senyawa fenolik juga dapat berkontribusi terhadap perubahan populasi protozoa. Tanin dapat berinteraksi dengan protein dan komponen permukaan mikroorganisme sehingga menghambat pertumbuhan atau aktivitas mikroba tertentu. Patra dan Saxena (2010) melaporkan bahwa tanin dapat menghambat metanogenesis secara langsung maupun tidak langsung melalui penghambatan pertumbuhan protozoa. Bodas et al. (2012) juga menjelaskan bahwa metabolit sekunder tanaman seperti tanin, saponin dan minyak atsiri dapat memodifikasi komunitas mikroba rumen, termasuk bakteri, protozoa dan fungi, serta mengubah produk akhir fermentasi.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Jafari et al. (2019), yang menyatakan bahwa efek metabolit sekunder tanaman terhadap mikroorganisme rumen sangat dipengaruhi oleh jenis senyawa, sumber tanaman dan level penggunaannya. Pada konsentrasi tertentu, senyawa bioaktif dapat memberikan efek selektif terhadap kelompok mikroorganisme tertentu tanpa harus menghentikan proses fermentasi secara keseluruhan. Oleh karena itu, penurunan populasi protozoa dari $8,46 \times 10^5$ sel/mL pada penelitian ini tidak serta-merta menunjukkan penurunan kualitas fermentasi, tetapi dapat menunjukkan terjadinya modifikasi ekosistem mikroba rumen akibat peningkatan level limbah daun ubi kayu.

Penurunan populasi protozoa juga penting ditinjau dari hubungan antara protozoa dan bakteri rumen. Protozoa merupakan bagian penting dari ekosistem rumen dan berperan dalam

fermentasi karbohidrat, tetapi sebagian protozoa juga memangsa bakteri. Oleh karena itu, perubahan jumlah protozoa dapat memengaruhi biomassa bakteri, aliran nitrogen dan efisiensi pemanfaatan protein mikroba. Meta-analisis Newbold et al. (2019) menunjukkan bahwa pengurangan protozoa rumen dapat memengaruhi produksi metana, pencernaan bahan organik dan NDF, serta konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$. Namun, efek tersebut sangat bergantung pada tingkat dan metode defaunasi.

Pada penelitian ini, populasi protozoa P3 sebesar $5,94 \times 10^5$ sel/mL masih menunjukkan keberadaan protozoa dalam sistem fermentasi. Hal ini penting karena penghilangan protozoa secara total tidak selalu memberikan keuntungan terhadap fermentasi rumen. Meta-analisis Newbold et al. (2019) menunjukkan bahwa strategi pengurangan protozoa secara parsial lebih relevan dibandingkan eliminasi total karena penghilangan protozoa secara berlebihan dapat menurunkan pencernaan dan mengubah fermentasi rumen. Penurunan protozoa pada P3 juga mempunyai kemungkinan hubungan dengan produksi metana. Protozoa dapat berasosiasi dengan archaea metanogen dan menyediakan hidrogen sebagai salah satu substrat penting untuk pembentukan metana. Oleh karena itu, berkurangnya populasi protozoa dapat mengurangi habitat dan transfer hidrogen kepada metanogen. Patra dan Saxena (2010) menyebutkan bahwa kemampuan saponin dalam menekan metanogenesis antara lain berkaitan dengan penghambatan protozoa, sedangkan Ku-Vera et al. (2020) menjelaskan bahwa perubahan populasi protozoa dapat

mengganggu hubungan protozoa–metanogen sehingga berpotensi menurunkan pembentukan CH₄.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penggunaan limbah daun ubi kayu memengaruhi komunitas mikroba rumen, dengan P3 (15%) sebagai perlakuan terbaik karena menghasilkan populasi protozoa terendah, yaitu $5,94 \times 10^5$ sel/mL, serta memberikan respons total bakteri yang mendukung proses fermentasi rumen. Dengan demikian, level 15% limbah daun ubi kayu berpotensi digunakan sebagai bahan pakan herbal untuk memodulasi mikroorganisme rumen.

Saran

Limbah daun ubi kayu dapat digunakan hingga level 15% sebagai bahan pakan alternatif dalam upaya memodulasi mikroorganisme rumen. Penelitian selanjutnya disarankan menguji level yang lebih tinggi dan mengaitkannya dengan produksi metana, VFA, NH₃, pencernaan, serta performa ternak untuk menentukan level penggunaan yang paling optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) di bawah Kementerian Pendidikan Tinggi, Ilmu Pengetahuan, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) atas dukungan keuangan yang diberikan melalui Program Penelitian Dosen Pemula (PDP) untuk tahun 2026 ini, sebagaimana tercantum dalam Surat Keputusan No. dan perjanjian/kontrak: 47/SPK/LL1/AL.04.03/PL-BARU/2026, 714/UGN.RKT/PP/2026. Penelitian ini

dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan teknis dari staf Laboratorium Nutrisi ruminansia, Fakultas Peternakan, Universitas Andalas, Padang, Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonius, A., Pazla, R., Putri, E. M., Negara, W., Laia, N., Ridla, M., Suharti, S., Jayanegara, A., Asmairicen, S., Marlina, L., & Marta, Y. (2023). Effectiveness of herbal plants on rumen fermentation, methane gas emissions, in vitro nutrient digestibility, and population of protozoa. *Veterinary World*, 16(7), 1477–1488. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1477-1488>
- Banakar, P. S., Sarkar, S., Tyagi, B., Vinay, V. V., Chugh, T., Kumar, S., Tyagi, N., & Tyagi, A. K. (2019). Effect of dietary plant secondary metabolites on rumen fermentation and microbial community: A review. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 36(2), 107–112. <https://doi.org/10.5958/2231-6744.2019.00020.3>
- Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés, S., Giráldez, F. J., & López, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1–4), 78–93. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2012.07.010>
- Dai, X., & Faciola, A. P. (2019). Evaluating strategies to reduce

- ruminal protozoa and their impacts on nutrient utilization and animal performance in ruminants: A meta-analysis. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2648.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02648>
- Dehority, B. A. (1993). Microbial ecology of cell wall fermentation. In H. G. Jung, D. R. Buxton, R. D. Hatfield, & J. Ralph (Eds.), *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.
<https://doi.org/10.2134/1993.foragecellwall.c17>
- Jafari, S., Ebrahimi, M., Goh, Y. M., Rajion, M. A., Jahromi, M. F., & Al-Jumaili, W. S. (2019). Manipulation of rumen fermentation and methane gas production by plant secondary metabolites (saponin, tannin and essential oil): A review of ten-year studies. *Annals of Animal Science*, 19(1), 3–29.
<https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0037>
- Ku-Vera, J. C., Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S. S., Montoya-Flores, M. D., Molina-Botero, I. C., Arango, J., Gómez-Bravo, C. A., Aguilar-Pérez, C. F., & Solorio-Sánchez, F. J. (2020). Role of secondary plant metabolites on enteric methane mitigation in ruminants. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 584.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00584>
- Newbold, C. J., & Ramos-Morales, E. (2020). Review: Ruminal microbiome and microbial metabolome: Effects of diet and ruminant host. *Animal*, 14(S1), s78–s86.
<https://doi.org/10.1017/S1751731119003252>
- Patra, A. K., & Saxena, J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, 71(11–12), 1198–1222.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.05.010>
- Pinem, A. M., Ardiansah, Y., Nafisah, N. R., Azzahra, A., Hartutik, & Asri Nurul, H. (2025). The potential of cassava leaves as a component of complete ruminant feed formulated with Odot grass. *Journal of Agriprecision & Social Impact*, 2(2).
<https://doi.org/10.62793/japsi.v2i2.56>
- Rashid, M., Aboshady, H. M., Soltan, Y. A., Archimede, H., & Ghoneem, W. M. A. (2025). Phytochemical profile and in vitro evaluation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) foliage as ruminant feed with/without green banana flour. *Scientific Reports*, 15, 721.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-82450-3>
- Syahniar, T. M., Ridla, M., Jayanegara, A., & Samsudin, A. A. (2018). Effects of glycerol and chestnut tannin addition in cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) on

silage quality and in vitro rumen fermentation profiles. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 1207–1213.

<https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1485568>

Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1993).
Prinsip dan prosedur statistika:

Suatu pendekatan biometrik. Jakarta, Indonesia: PT Gramedia Pustaka Utam menggunakan mendelay atau endnote. Daftar pustaka yang dicantumkan harus sesuai dengan pengutipan dalam badan artikel.