



Evaluasi Kecernaan In Vitro Bahan Kering, Bahan Organik, dan Total Digestible Nutrient Relatif pada Ransum Berbasis Isi Rumen

In Vitro Digestibility Evaluation of Dry Matter, Organic Matter, and Relative Total Digestible Nutrients in Rumen-Based Diets

Ika Fajar Pratiwi¹, Sista Rizqiana²

¹Jurusan Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman,
Indonesia

²Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat. Indonesia
Jalan Dr. Soeparno No. 60, Karangwangkal, Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah,
Indonesia 53122.

Jl. A. Yani Km 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia. , 70714

email penulis: ikafr@gmail.com; sista.rizqiana@ulm.ac.id

Korespondensi author: sista.rizqiana@ulm.ac.id

ABSTRACT

Article History:

Accepted : 31-8-2026

Online : 31-8-2026

Keyword:

Cassava Pulp;

Diets;

Digestibility;

Rumen Contents;



9 772614 814311

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pencernaan bahan kering, bahan organik dan total digestible nutrient relatif pada ransum berbasis isi rumen sapi, kambing, dan domba menggunakan metode in vitro. Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan empat perlakuan, yaitu T0 (onggok 40% + isi rumen sapi 60%), T1 (onggok 40% + isi rumen sapi 60%), T2 (onggok 40% + isi rumen kambing 60%), dan T3 (onggok 40% + isi rumen domba 60%), masing-masing dengan lima ulangan. Hasil menunjukkan bahwa T0 menghasilkan pencernaan bahan kering dan bahan organik tertinggi ($45,48 \pm 0,83\%$ dan $46,11 \pm 0,82\%$) dan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan T1 menunjukkan pencernaan terendah, sedangkan T2 dan T3 memberikan hasil lebih baik namun masih di bawah kontrol. Disimpulkan bahwa ransum kontrol lebih efektif dalam degradasi in vitro dibandingkan ransum berbasis isi rumen, tetapi ransum dengan inokulum rumen kambing menunjukkan potensi adaptif terbaik setelah kontrol. Penelitian ini mengindikasikan perlunya strategi adaptasi mikroba atau perlakuan awal substrat untuk meningkatkan pemanfaatan limbah rumen sebagai bahan pakan.

ABSTRACT. This study aims to evaluate the digestibility of dry matter, organic matter, and total digestible nutrients relative to rumen-based rations for cattle, goats, and sheep using the in vitro method. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design with four treatments: T0 (40% cassava pulp + 60% elephant grass), T1 (40% cassava pulp + 60% cattle rumen content), T2 (40% cassava pulp + 60% goat rumen content), and T3 (40% cassava pulp + 60% sheep rumen content), each with five replications. The results showed that T0 produced the highest dry

matter and organic matter digestibility values ($45.48 \pm 0.83\%$ and $46.11 \pm 0.82\%$, respectively), which were significantly higher ($P < 0.01$) than those of the other treatments. Treatment T1 resulted in the lowest digestibility, while T2 and T3 exhibited better performance but remained inferior to the control. It was concluded that the control diet was more efficiently degraded in vitro than diets based on rumen contents, with goat rumen inoculum showing the best adaptive potential after the control. These findings indicate the need for microbial adaptation strategies or substrate pretreatment to improve the utilization efficiency of rumen content-based local feed resources.

A. PENDAHULUAN

Ketersediaan pakan berkualitas dan terjangkau masih menjadi kendala utama dalam peternakan ruminansia di wilayah tropis, sehingga pemanfaatan limbah agroindustri seperti onggok dan hijauan lokal seperti rumput gajah menjadi alternatif untuk menekan biaya dan meningkatkan keberlanjutan, meskipun keterbatasan nutrisi dan tingginya serat kasar membatasi kecernaannya. Oleh karena itu, pemanfaatan mikroba rumen sebagai aditif biologis menjadi pendekatan penting karena berperan dalam fermentasi dan degradasi lignoselulosa, dengan mikroba dari kambing dan domba diketahui lebih adaptif terhadap pakan berserat dibandingkan sapi, serta berkontribusi terhadap kesehatan ternak. Isi rumen sebagai limbah rumah potong juga memiliki potensi nutrisi, dengan kandungan bahan kering 70,65%, protein kasar 6,13%, dan serat kasar 28,5% [1] serta dilaporkan mengandung protein mikroba, mineral, vitamin, dan energi [2] bahkan protein kasar dapat mencapai 18,52–19,56% [3].

Komposisi nutrisi isi rumen bervariasi antar spesies, di mana isi rumen sapi kaya protein dan asam amino, domba memiliki kandungan nutrisi dan mineral tinggi, sedangkan kambing kaya lignin dan selulosa namun kecernaannya lebih rendah [4]. Dengan potensi tersebut, isi rumen dapat dimanfaatkan sebagai substitusi hijauan secara terbatas sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan [5]. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi penggunaan isi rumen sapi, kambing, dan domba dalam pakan berbasis onggok terhadap pencernaan bahan kering, bahan organik, dan total digestible nutrient secara in vitro guna mendukung efisiensi pakan ruminansia yang berkelanjutan.

B. MATERI METODE

Materi penelitian yang digunakan meliputi onggok, isi rumen sapi, kambing, dan domba yang telah dikeringkan, serta rumput gajah sebagai kontrol hijauan. Isi rumen digunakan sebagai bahan pakan (substrat) dan dikeringkan sebelum pencampuran ransum. Pengujian pencernaan bahan kering dan bahan organik dilakukan secara in vitro menggunakan cairan rumen sapi sebagai sumber inokulum mikroba.

Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan yang diuji terdiri atas: T0 (onggok 40% + rumput gajah 60%) sebagai kontrol, T1 (onggok 40% + isi rumen sapi 60%),

T2 (onggok 40% + isi rumen kambing 60%), dan T3 (onggok 40% + isi rumen domba 60%). Rasio onggok dan bahan campuran ditetapkan sebesar 40%:60% berdasarkan pertimbangan keseragaman substrat dan proporsi hijauan dalam ransum. Pengukuran pencernaan bahan kering dan bahan organik dilakukan menggunakan metode fermentasi *in vitro* [6], dengan inkubasi pada suhu 39 °C selama 48 jam. Setiap unit percobaan terdiri atas satu botol fermentasi yang diisi substrat pakan dan cairan rumen, kemudian diinkubasi dalam kondisi anaerob. Dihitung menggunakan rumus:

$$\%KcBK = \frac{BK \text{ asal} - BK \text{ residu} - BK \text{ residu blanko}}{BK \text{ Asal}} \times 100\%$$

$$\%KcBO = \frac{BO \text{ asal} - BO \text{ residu} - BO \text{ residu blanko}}{BO \text{ Asal}} \times 100\%$$

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam sesuai dengan rancangan percobaan yang digunakan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kecernaan Bahan Kering

Kecernaan bahan kering merupakan salah satu parameter untuk mengukur seberapa baik kualitas bahan pakan yang diberikan kepada ternak. Rataan kecernaan bahan kering disajikan di Tabel 1. Hasil rata-rata kecernaan bahan kering berturut-turut pada semua perlakuan yakni 45,48%, 36,66%, 41,64%, dan 39,12% (Tabel 1). Tinggi-rendahnya kecernaan bahan kering menunjukkan bahwa kandungan nutrisi tercerna terutama oleh mikroba rumen pada ternak ruminansia, baik tinggi maupun rendah [7]. *In Vitro Dry Matter Digestibility*, dan *In Vivo Dry Matter Digestibility*, digunakan untuk mengevaluasi degradasi bahan pakan oleh mikroorganisme rumen dan berkaitan dengan kecernaan *in vivo* [8].

Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan pakan campuran onggok dan isi rumen (sapi, kambing, domba) berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) dalam menurunkan kecernaan bahan kering. Hal tersebut diduga terjadi karena adanya penambahan isi rumen yang berbeda pada masing-masing ransum percobaan. Isi rumen yang digunakan memiliki kandungan nutrisi yang berbeda terutama pada kandungan serat kasar yang lebih tinggi dibanding rumput gajah. Kandungan serat kasar dalam suatu bahan pakan jika semakin tinggi akan mempertebal dinding sel yang membuat dinding akan kebal terhadap mikroorganisme pencernaan serat sehingga mengakibatkan bahan pakan semakin sulit untuk dicerna [9],[10]. Karakteristik dan ikatan lignin dengan komponen dinding sel berpengaruh terhadap tingkat dan laju degradasi serat [11]

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan T0 menghasilkan kecernaan bahan kering tertinggi sebesar 45,48 %± 0,83, menandakan bahwa kelompok mikroba alamiah yang menyesuaikan substrat serat tinggi ini memiliki efisiensi

optimal. Sebaliknya, perlakuan T1 menghasilkan nilai pencernaan bahan kering terendah, hanya $36,66 \% \pm 0,99$, menandakan penurunan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa mikroba dalam rumen sapi mungkin belum adaptif terhadap substrat lignoselulosa yang kompleks atau kompetisi antara mikroba eksogen dan endogen menciptakan ketidakseimbangan enzimatik. Pada silase isi rumen sapi menegaskan bahwa meskipun onggok sebagai aditif mampu memperbaiki kualitas silase, degradasi pada substrat serat tinggi tetap tidak optimal tanpa adaptasi lebih lanjut [12].

Tabel 1. Rataan Kecernaan Bahan Kering

Perlakuan	Rataan kecernaan bahan kering
T0	$45,48 \pm 0,83^a$
T1	$36,66 \pm 0,99^d$
T2	$41,64 \pm 0,80^b$
T3	$39,12 \pm 0,91^c$

Keterangan: superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$).

Perlakuan T2 mencapai $41,64 \% \pm 0,80$ dan T3 mencapai $39,12 \% \pm 0,91$. Kedua perlakuan ini menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan dengan T1 ($P < 0,05$), meskipun masih di bawah kontrol. Apabila kandungan serat kasar dalam suatu bahan pakan semakin rendah, maka bahan pakan tidak akan sukar untuk dicerna [7]. Hal tersebut dikarenakan tipisnya dinding sel pada bahan pakan sehingga mikroorganisme akan lebih mudah untuk menembusnya. Hal ini diduga bahwa ruminansia kecil seperti kambing memiliki kelompok mikroba yang lebih tahan terhadap substrat kasar, namun memiliki enzim selulolitik yang efisien dalam mengekstraksi energi dari serat kasar.

2. Kecernaan Bahan Organik

Rataan kecernaan bahan organik disajikan pada Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan T0 sebagai kontrol, memberikan nilai pencernaan bahan organik tertinggi sebesar $46,11 \% \pm 0,82$, yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya ($P < 0,05$). Nilai ini menunjukkan bahwa komposisi pakan berbasis onggok dan rumput gajah memberikan lingkungan yang optimal bagi aktivitas mikroba rumen dalam memecah bahan organik, termasuk karbohidrat non-struktural dan sebagian fraksi serat. T0 mewakili kondisi mikrobiota yang terbentuk secara alami dari adaptasi rumen terhadap substrat, di mana keseimbangan antara populasi selulolitik, amilolitik, dan proteolitik mampu berkontribusi secara optimal terhadap degradasi bahan organik. Kecernaan bahan organik yang tinggi memperlihatkan bahwa energi yang tersedia dalam bahan pakan cukup tinggi, begitu

pun sebaliknya [9]. Didalam bahan kering terdapat sebagian bahan organik, maka dari itu bila terjadi peningkatan bahan kering, bahan organiknya pun akan ikut meningkat, begitu juga dengan kecernaannya [10].

Tabel 2. Rataan kecernaan bahan organik

<u>Perlakuan</u>	<u>Rataan kecernaan bahan Organik</u>
T0	46,11 ± 0,82 ^a
T1	39,68 ± 0,68 ^{bc}
T2	40,94 ± 0,95 ^b
T3	39,28 ± 1,01 ^c

Keterangan: superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

Sebaliknya, perlakuan T1 menghasilkan nilai kecernaan bahan organik paling rendah, yakni 39,68 % ± 0,68, meskipun secara persentase angka tidak berbeda jauh dengan T3. Rendahnya nilai ini dapat dikaitkan dengan kurang optimalnya mikroba dari isi rumen sapi dalam memfermentasi substrat kasar berbasis limbah, seperti onggok dan rumput gajah. Isi rumen sapi umumnya berasal dari sistem pencernaan yang terbiasa mencerna pakan hijauan dengan komposisi lebih halus dan berserat sedang, sehingga adaptasi terhadap bahan lignoselulosa yang tinggi memerlukan waktu atau proses inokulasi berulang. Hal ini diperkuat oleh [11], yang menyatakan bahwa digestibilitas bahan organik akan menurun drastis bila mikroba rumen tidak memiliki enzim lengkap untuk mendekonstruksi lignin, hemiselulosa, dan selulosa secara sinergis. degradasi serat di dalam rumen merupakan proses kompleks yang melibatkan komunitas mikroorganisme dan berbagai enzim yang bekerja secara sinergis. Selulosa dan hemiselulosa berada dalam matriks dinding sel yang kompleks sehingga akses mikroorganisme terhadap substrat sangat menentukan tingkat degradasinya [12]. Perlakuan T2 memberikan hasil yang lebih baik, yaitu 40,94 % ± 0,95, dan berbeda nyata dengan T1 serta T3 ($P < 0,05$). Keunggulan ini dapat dijelaskan oleh karakteristik sistem pencernaan ruminansia kecil, seperti kambing, yang memiliki daya adaptasi lebih tinggi terhadap pakan berserat. Kambing diketahui mampu mempertahankan aktivitas fermentatif yang lebih stabil pada bahan berserat tinggi karena waktu retensi rumen yang lebih lama dan proporsi bakteri fibrolitik yang lebih besar dibandingkan dengan sapi. Mikroflora rumen kambing juga memiliki kemampuan degradasi lignoselulosa yang relatif efisien pada substrat lokal tropis.

Sementara itu, T3 memberikan nilai 39,28 % ± 1,01, sedikit lebih rendah dibanding T1 dan T2, meskipun tidak berbeda signifikan secara statistik dengan T1. Hasil ini mengindikasikan bahwa mikroba rumen domba tidak lebih unggul dalam mendekomposisi bahan organik dari substrat tersebut. Domba sebagai ruminansia

kecil umumnya memiliki tingkat efisiensi fermentasi bahan organik serupa dengan kambing, tetapi struktur rumen dan preferensi pakannya berbeda, yang dapat mempengaruhi komposisi mikroba [13]. Pemanfaatan dinding sel oleh ruminansia dipengaruhi oleh struktur jaringan tanaman, komposisi kimia dinding sel, serta interaksi antara mikroorganisme dan substrat. Lignifikasi merupakan salah satu faktor penting yang membatasi pemanfaatan komponen serat [14]. Selain itu, interaksi antara substrat, pH media, dan populasi mikroba eksogen yang belum stabil kemungkinan besar menurunkan efisiensi fermentasi pada T3.

Perbedaan nyata pada nilai pencernaan bahan organik ini juga dapat mencerminkan perbedaan kecepatan dan efisiensi fermentasi bahan organik dari masing-masing mikroba rumen yang digunakan. Komposisi substrat (onggok dan rumput gajah) memiliki kandungan lignin yang tinggi. Lignin silase rumput gajah sebesar 3,29–4,87% yang menunjukkan bahwa rumput gajah mengandung lignin sebagai bagian dari dinding selnya [15]. Kandungan lignin *Pennisetum purpureum* berkisar 9,73–12,43% pada bagian daun dan batang [16]. Tingginya kandungan lignin dapat menghambat akses agen biologis terhadap selulosa dan hemiselulosa [17]. Keberhasilan fermentasi bahan pakan berserat dipengaruhi oleh kemampuan komunitas mikroba dalam menghasilkan enzim fibro-litik, terutama selulase dan hemiselulase, yang berperan dalam mendegradasi selulosa dan hemiselulosa. Sementara itu, keberadaan lignin dapat menghambat akses mikroorganisme dan enzim terhadap komponen polisakarida dinding sel, sehingga membatasi degradasi serat [18]. Struktur kompleks lignoselulosa merupakan hambatan utama dalam degradasi biomassa tanaman. Lignin membatasi akses enzim terhadap selulosa dan hemiselulosa [19]

Mikroba alami (T0) kemungkinan telah beradaptasi secara ekologis terhadap karakteristik substrat tersebut, sehingga menghasilkan efisiensi fermentasi yang optimal. Mikrobioma rumen merupakan komunitas yang sangat dinamis dan memiliki hubungan erat dengan jenis serta karakteristik pakan. Komunitas mikroba rumen memiliki kemampuan beradaptasi terhadap perubahan substrat dan kondisi lingkungan. Perubahan jenis pakan dapat menyebabkan perubahan komposisi dan aktivitas mikroba yang kemudian memengaruhi fermentasi dan degradasi serat [20]. Mikroorganisme yang mampu memanfaatkan substrat tertentu dapat berkembang dan berkontribusi terhadap proses fermentasi [21]. Degradasi serat merupakan hasil interaksi komunitas mikroorganisme yang memiliki kemampuan enzimatik berbeda [22]. Adaptasi komunitas terhadap substrat berperan dalam menentukan kemampuan degradasi komponen serat perubahan dari pakan non-grazing ke grazing menyebabkan adaptasi komunitas mikroba rumen. Adaptasi terhadap substrat dari padang rumput meningkatkan kelompok bakteri tertentu, termasuk bakteri selulolitik seperti *Ruminococcus* dan *Butyrivibrio*. Perubahan

komunitas tersebut berkaitan dengan kemampuan mikroba dalam memanfaatkan dan mendegradasi komponen dinding sel tanaman [23]. Pemberian pakan tinggi konsentrat pada awalnya menurunkan degradasi serat, tetapi setelah periode adaptasi yang lebih panjang, kapasitas degradasi serat dapat kembali meningkat pada substrat yang lebih mudah didegradasi. Hal ini dikaitkan dengan adaptasi mikroba fibroliitik terhadap kondisi rumen dan perubahan komunitas mikroba [24]. Peralihan pakan tinggi hijauan menjadi tinggi konsentrat mengubah struktur komunitas bakteri rumen [25][26]. Perlakuan inokulum eksogen (T1–T3) tanpa proses adaptasi mikroba atau pra-fermentasi dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam kelompok rumen, sehingga pencernaan bahan organik menjadi sub-optimal. Pemberian bahan pakan tanpa periode adaptasi mikroba atau perlakuan pra-fermentasi dapat menyebabkan perubahan mendadak pada substrat yang tersedia bagi mikroorganisme rumen, sehingga komunitas dan aktivitas mikroba memerlukan waktu untuk menyesuaikan diri [27][28]. Kondisi tersebut dapat menyebabkan fermentasi rumen dan pemanfaatan nutrisi, termasuk pencernaan bahan organik, belum berlangsung secara optimal [29][30].

D. SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa ransum berbasis onggok yang dikombinasikan dengan rumput gajah memberikan pencernaan bahan kering dan bahan organik tertinggi secara *in vitro*, dengan inokulum cairan rumen sapi sebagai sumber mikroba yang menghasilkan kondisi fermentasi paling optimal pada substrat kontrol. Di antara perlakuan yang menggunakan isi rumen, inokulum kambing (T2) masih menunjukkan pencernaan lebih baik dibandingkan sapi dan domba, meskipun tetap lebih rendah daripada kontrol, sehingga menegaskan bahwa tingkat adaptasi komunitas mikroba terhadap substrat pakan sangat menentukan efisiensi fermentasi dan degradasi bahan organik, serta perlu didukung oleh strategi adaptasi inokulum atau perlakuan awal substrat untuk mengoptimalkan pemanfaatan bahan pakan berbasis limbah pertanian.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] N. Y. Amalia, S. Surono, and S. Sutrisno, "Pengaruh penambahan isi rumen dalam ransum terhadap konsumsi nutrisi pada domba pasca sapih dini," *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, vol. 14, no. 3, pp. 265–271, 2019, doi: 10.31186/jspi.id.14.3.265-271.
- [2] M. O. A. Elfaki and K. A. Abdelatti, "Rumen content as animal feed: A review," *Journal of Veterinary Medicine and Animal Production*, vol. 7, no. 2, pp. 80–88, 2016.

- [3] M. O. A. Elfaki and K. A. Abdelatti, "Nutritive evaluation of rumen content from cattle, camel, sheep and goat," *Global Journal of Animal Scientific Research*, vol. 3, no. 3, pp. 617–621, 2015.
- [4] M. O. A. Elfaki, K. A. Abdelatti, and H. E. E. Malik, "Effect of dietary dried rumen content on broiler performance, plasma constituents and carcass characteristics," *Global Journal of Animal Scientific Research*, vol. 3, no. 1, pp. 264–270, 2015.
- [5] N. Lahay, "Kajian kandungan nutrisi fermentasi isi rumen kering dengan Effective Microorganisms-4," *Bulletin Makanan Ternak*, vol. 15, no. 1, pp. 40–57, 2016.
- [6] J. M. A. Tilley and R. A. Terry, "A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops," *Journal of the British Grassland Society*, vol. 18, no. 2, pp. 104–111, 1963, doi: 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x.
- [7] Y. Zubaili, Usman, and S. S. Wajizah, "Evaluasi pencernaan *in vitro* pakan komplit fermentasi berbahan dasar ampas sagu dengan lama pemeraman berbeda," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 2, no. 2, pp. 350–358, 2017, doi: 10.17969/JIMFP.V2I2.3123.
- [8] J. R. Vinyard and A. P. Faciola, "Forages and pastures symposium: An update on *in vitro* and *in situ* experimental techniques for approximation of ruminal fiber degradation," *Journal of Animal Science*, 2023.
- [9] E. Wijayanti, F. Wahyono, and S. Surono, "Kecernaan nutrien dan fermentabilitas pakan komplit dengan level ampas tebu yang berbeda secara *in vitro*," *Animal Agriculture Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 167–179, 2012.
- [10] A. I. Nugroho, Muhtarudin, and Y. Widodo, "Pengaruh penambahan jenis bahan pakan sumber protein pada ransum berbasis hijauan kelapa sawit terhadap pencernaan bahan kering dan bahan organik pada kelinci lokal jantan," *Jurnal Ilmiah Peternakan*, vol. 4, no. 3, pp. 195–198, 2016.
- [11] K. Akbar, V. Wanniatie, Liman, and Muhatarudin, "Pengaruh imbalanced hijauan dan konsentrat terhadap konsumsi bahan kering, pencernaan bahan kering, dan pencernaan bahan organik kambing perah Peranakan Etawa," *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, vol. 12, no. 3, pp. 379–389, 2024, doi: 10.23960/jipt.v12i3.p379-389.
- [12] S. J. A. van Kuijk, A. S. M. Sonnenberg, J. J. P. Baars, W. H. Hendriks, and J. W. Cone, "Fungal treated lignocellulosic biomass as ruminant feed ingredient: A review," *Biotechnology Advances*, vol. 33, pp. 191–202, 2015, doi: 10.1016/j.biotechadv.2014.10.014.
- [13] P. Hamchara, P. Kongmun, A. Cherdthong, and M. Wanapat, "Nutritive value and digestibility of oil palm frond treated with *Lentinus sajor-caju* in fermented total mixed rations," *Tropical Animal Health and Production*, vol. 50, no. 2, pp. 321–328, 2018, doi: 10.1007/s11250-017-1435-2.
- [14] E. Raffrenato, R. Fievisohn, K. W. Cotanch, and R. J. Grant, "Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on *in vitro* and *in vivo* neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages," *Journal of Dairy Science*, vol. 100, no. 10, pp. 8119–8131, 2017.
- [15] Z. K. Nisa, B. Ayuningsih, and I. Susilawati, "Pengaruh penggunaan dedak fermentasi terhadap kadar lignin dan selulosa silase rumput gajah

- (*Pennisetum purpureum*),” *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, vol. 2, no. 3, 2020, doi: 10.24198/jnttip.v2i3.30289.
- [16] “The effect of palm oil mill effluent final discharge on the characteristics of *Pennisetum purpureum*,” *Scientific Reports*, 2020.
 - [17] T. Taufikurahman and W. O. Delimanto, “A comparison of alkali and biological pretreatment methods in Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) for reducing lignin content in the bioethanol production process,” *3BIO: Journal of Biological Science, Technology and Management*, vol. 2, no. 1, 2020, doi: 10.5614/3bio.2020.2.1.5.
 - [18] R. Kusmiati, Y. Syaputri, Abun, and R. Safitri, “Pretreatment and fermentation of lignocellulose from oil palm fronds as a potential source of fibre,” 2024.
 - [19] A. Badhan and T. A. McAllister, “Recent advances in the understanding of the rumen microbiome and its role in fibre digestion,” *Canadian Journal of Animal Science*, 2020.
 - [20] P. J. Weimer, “Redundancy, resilience, and host specificity of the ruminal microbiota: Implications for engineering improved ruminal fermentations,” *Frontiers in Microbiology*, vol. 6, Art. no. 296, 2015, doi: 10.3389/fmicb.2015.00296.
 - [21] S. A. Huws *et al.*, “Addressing global ruminant agricultural challenges through understanding the rumen microbiome,” *Frontiers in Microbiology*, vol. 9, Art. no. 2161, 2018, doi: 10.3389/fmicb.2018.02161.
 - [22] M. C. Ribeiro *et al.*, “Fibre digestion by rumen microbiota—A review of recent metagenomic and metatranscriptomic studies,” *Canadian Journal of Animal Science*, vol. 100, 2020.
 - [23] B. Belanche, I. A. de la Fuente, A. Martín-García, *et al.*, “A multi-kingdom study reveals the plasticity of the rumen microbiota in response to a shift from non-grazing to grazing diets in sheep,” *Frontiers in Microbiology*, vol. 10, Art. no. 122, 2019.
 - [24] A. Martínez-Fernández, M. Abecia, A. Martín-García, *et al.*, “Restoration of in situ fiber degradation and the role of fibrolytic microbes and ruminal pH in cows fed grain-rich diets transiently or continuously,” *Animal*, vol. 11, no. 12, pp. 2193–2202, 2017, doi: 10.1017/S1751731117001112.
 - [25] Y. Li *et al.*, “Diet transition from high-forage to high-concentrate alters rumen bacterial community composition, epithelial transcriptomes and ruminal fermentation parameters in dairy cows,” *Animals*, vol. 11, no. 3, Art. no. 838, 2021.
 - [26] T. Hackmann, “Time required for adaptation of rumen fermentation and the rumen microbiome,” in *Ruminant Nutrition Symposium, Journal of Animal Science*, 2015.
 - [27] A. C. J. Pinto *et al.*, “Ruminal fermentation pattern, bacterial community composition, and nutrient digestibility of Nellore cattle submitted to either nutritional restriction or intake of concentrate feedstuffs prior to adaptation period,” *Frontiers in Microbiology*, vol. 11, 2020, Art. no. 01865, doi: 10.3389/fmicb.2020.01865.
 - [28] S. Ricci *et al.*, “Progressive microbial adaptation of the bovine rumen and hindgut in response to a step-wise increase in dietary starch and the influence of

- phytogenic supplementation,” *Frontiers in Microbiology*, vol. 13, 2022, Art. no. 920427, doi: 10.3389/fmicb.2022.920427.
- [29] M. K. Kim *et al.*, “Effect of fermented concentrate on ruminal fermentation, ruminal and fecal microbiome, and growth performance of beef cattle,” *Animals*, vol. 13, 2023.
- [30] S. M. Chinnamani, R. Murugeswari, G. Srinivasan, and R. A. Nanthini, “Influence of feed and feeding strategies on rumen microbiome: A review,” *Indian Journal of Animal Research*, vol. 58, no. 9, pp. 1444–1451, 2024, doi: 10.18805/IJAR.B-5307.