

Kecernaan *Invitro* Tepung Fermentasi Pelepah Sawit dan Ampas Tebu dengan Penambahan Urea dan Molases

In Vitro Digestibility of Flour Fermented Oil Palm Fronds and Sugar Cane Bagasse Feed with the Addition of Urea and Molasses

Dewi Ananda Mucra, Sigit Sepriadi, Anwar Efendi Harahap*, Safna Anita Lobika

Prodi Peternakan, Fakultas Pertanian dan Peternakan UIN Sultan Syarif Kasim Riau

*Alamat Email : anwar.efendi.harahap@uin-suska.ac.id

ABSTRAK

Pelepah sawit dan ampas tebu merupakan sumber bahan pakan yang memiliki beberapa keterbatasan nutrisi yaitu protein rendah dan serat kasar tinggi, untuk meningkatkan nutrisi kedua bahan ini yaitu fermentasi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi nilai kecernaan *invitro* rumen pada pakan fermentasi pelepah sawit dan ampas tebu dengan penambahan molases dan urea. Penelitian yang digunakan dengan model rancangan RAL 5 perlakuan serta 4 ulangan. Adapun perlakuan: P1 (tepung fermentasi fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu), P2 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5%), P3 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + urea 5%), P4 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 2,5% + urea 2,5%) dan P5 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5% + urea 5%). Parameter diamati berupa pH cairan rumen, bahan kering, bahan organik, kecernaan bahan kering (KcBK) dan kecernaan bahan organik (KcBO). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pH rumen, kecernaan bahan kering dan kecernaan bahan organik dipengaruhi ($P < 0,05$) perbedaan aditif molases dan urea tepung fermentasi daun pelepah sawit dan ampas tebu. Kesimpulan penelitian ini bahwa perlakuan P4 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 2,5% + urea 2,5%) merupakan perlakuan unggulan karena mampu menghasilkan nilai kecernaan bahan kering dan bahan organik optimal serta mampu mempertahankan kestabilan pH cairan rumen.

Kata Kunci: Kecernaan, Pakan, Rumen, Tepung Fermentasi

ABSTRACT

Palm fronds and bagasse are sources of feed ingredients that have several nutritional limitations, namely low protein and high crude fiber, to increase the nutrition of these two ingredients, namely fermentation. This study aims to evaluate the digestibility value of rumen *invitro* in fermented feed of palm fronds and bagasse with the addition of molasses and urea. The research was used with a CRD design model of 5 treatments and 4 replicates. The treatments: P1 (fermented palm frond fermented flour + bagasse), P2 palm frond fermented flour + bagasse + molasses 5%), P3 (palm fronds fermented flour + bagasse + urea 5%), P4 (palm frond fermented flour + bagasse + molasses 2.5% + urea 2.5%) and P5 (palm frond leaf fermented flour + bagasse + molasses 5% + urea 5%). Parameters were observed in the form pH of rumen fluid, dry matter, organic matter, dry matter digestibility (DMD) and organic matter digestibility (OMD). The results showed that the pH value of rumen, digestibility of dry matter and digestibility of organic matter were influenced ($P < 0.05$) by the difference in molasses and urea additives fermented by palm fronds and bagasse leaves. The conclusion of this study is that the P4 treatment (fermented flour of palm fronds + bagasse + molasses 2.5% + urea 2.5%) is a superior treatment because it is able to produce optimal digestibility values of dry matter and organic matter and is able to maintain pH stability of rumen fluid.

Keywords: Digestion, Feed, Fermented Flour, Rumen

PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan pakan ruminansia skala tradisional dan konvensional umumnya menggunakan rumput lapang. Biasanya hijauan rumput diperoleh dengan metode potong dan angkut ke kandang dimana peternak. Permasalahan penggunaan rumput lapang sebagai pakan tunggal ternyata tidak mencukupi kebutuhan pokok dan produksi ternak karena umumnya mengandung zat nutrisi yang rendah. Darmin *et al.*, (2023) menyampaikan bahwa hijauan (rumput kume dan *legume*) mengandung serat kasar sebesar 19,24-32,88%. Lebih lanjut Suryani *et al.*, (2025) menyebutkan bahwa rumput lapang sebagai pakan sapi potong mengandung serat kasar sebesar 25,44%. Oleh karena itu diperlukan inovasi pemanfaatan sumber beberapa alternatif jenis bahan

pakan yang memiliki potensi dalam jumlah yang besar dan tersedia secara berkelanjutan, beberapa diantaranya yaitu pelepah sawit dan ampas tebu.

Bahan pelepah sawit dan ampas tebu merupakan sumber material pakan berpotensi dijadikan ransum ruminansia tetapi memiliki beberapa keterbatasan nutrisi berupa protein rendah dan serat kasar tinggi. Rahmaini *et al.*, (2022) menyebutkan bahwa pelepah sawit sebagai pakan ternak menghasilkan nilai protein kasar dan serat kasar sebesar 7,64% dan 31,28%. Julianтони *et al.*, (2023) menyebutkan bahwa ampas tebu hanya memiliki protein kasar 1,55%. Rafles *et al.*, (2016) menyampaikan ampas tebu mengandung protein kasar 1,54%, serat kasar 36,44% serta lemak kasar berkisar 0,48%. Nilai nutrisi kedua bahan pakan tersebut sangat rendah serta bila diberikan pada ternak secara langsung dikhawatirkan akan mempengaruhi kualitas pencernaan secara keseluruhan, sehingga perlu adanya pengolahan pakan lanjutan untuk meningkatkan nutrisi kedua bahan ini yaitu fermentasi. Pengolahan pakan fermentasi secara *anaerob* untuk menghasilkan pakan bernutrisi tinggi, palatable dan awet simpan (Liu *et al.*, 2020). Fermentasi berperan penting dalam penyediaan sumber hijauan dengan mekanisme fermentasi *anaerob* menggunakan sumber BAL dengan mekanisme memproduksi asam laktat dari sumber karbohidrat mudah larut (Wang *et al.*, 2024)

Proses fermentasi berkaitan erat dengan kerja BAL untuk menghasilkan produk metabolisme berupa asam laktat serta organik yang berimplikasi pada penurunan pH sehingga kondisi lingkungan fermentasi menjadi asam berakibat pakan menjadi awet simpan, untuk memperpanjang daya simpan dan meningkatkan kualitas pakan fermentasi perlu adanya penambahan inokulasi sumber karbohidrat larut dalam air dan protein berbentuk aditif molases dan urea. Penurunan pH sangat efektif dalam menghambat perkembangan mikroorganisme yang mengganggu proses fermentasi (Li *et al.*, 2024). Penurunan pH menandakan bahwa substrat gula dalam pakan dimanfaatkan optimal oleh BAL untuk memproduksi asam laktat dan asam organik lainnya (Jiang *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2018). Asam laktat dan asam asetat berperan penting dalam penurunan pH selama proses fermentasi (Oliveira *et al.*, 2017). Molases merupakan aditif sumber karbohidrat yang mampu meningkatkan kualitas fermentasi dengan mekanisme kerja menghambat masuknya oksigen yang berakibat fermentasi mudah busuk (Hartinger *et al.*, 2009). Penambahan 1% molases mampu meningkatkan kualitas fermentasi jerami labu (Yao *et al.*, 2024). Lebih lanjut Zhang *et al.*, (2024) menyebutkan bahwa penambahan molases 2-4% dapat meningkatkan kualitas jerami jagung. Penggunaan inokulasi bakteri dapat meningkatkan fermentasi dan meningkatkan nilai gizi (Li *et al.*, 2024). Selanjutnya urea mampu meningkatkan protein kasar pakan fermentasi (Kaiser, 2004). Penambahan urea sebagai aditif mampu menjaga kestabilan fermentasi dan pengendalian mikroorganisme yang tidak diinginkan sehingga dapat menghambat fermentasi *aerob* (Sousa *et al.*, 2020). Penambahan urea juga mampu memperbaiki kualitas fermentasi dengan menyediakan N bagi mikroba dengan mencegah terjadinya proses proteolisis (Bolsen *et al.*, 1996). Penelitian ini terfokus pada penilaian kualitas pencernaan secara *invitro* pakan fermentasi berbahan sumber serat pelepah sawit dan ampas tebu yang ditambahkan sumber aditif karbohidrat dan protein, sehingga mendukung produksi dan pemanfaatan energi dan protein bagi aktivitas mikroba rumen guna meningkatkan nilai nutrisi, selain itu fermentasi pelepah sawit dan ampas tebu dilakukan secara bersamaan untuk memaksimalkan nilai guna limbah perkebunan dan mengurangi pencemaran lingkungan.

METODE

1. Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan yaitu pelepah sawit dan ampas tebu sebagai bahan utama serta molases dan urea sebagai bahan aditif sumber karbohidrat dan protein untuk meningkatkan nilai nutrisi tepung fermentasi. Selanjutnya silo berukuran 1 kg dilengkapi dengan lakban sebagai tempat fermentasi.

2. Rancangan Penelitian

Riset menggunakan model rancangan RAL dengan 5 perlakuan serta 4 ulangan. Adapun perlakuan yaitu P1 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu), P2 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5%), P3 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + urea 5%), P4 (tepung daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 2,5% + urea 2,5%) dan P5 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5% + urea 5%). Penambahan molases dan urea berdasarkan bahan kering pakan.

3. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati pada penelitian ini yaitu pH rumen, nilai BK (%), BO (%), nilai pencernaan bahan kering (KcBK%) dan pencernaan bahan organik (KcBO %) secara *invitro*.

4. Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan pembuatan pelepah sawit dan ampas tebu fermentasi. Proses pencacahan pelepah sawit dan ampas tebu dengan ukuran partikel 4-5 cm diikuti dilanjutkan pelayuan selama 7-8 untuk menurunkan nilai kadar air menjadi 60-70%. Kemudian dilakukan penambahan sumber inokulan molases dan urea bertujuan untuk menstimulasi percepatan kematangan fermentasi dan meningkatkan nilai nutrisi. Setelah bahan tercampur merata sesuai perlakuan, kegiatan berikutnya yaitu memasukkan bahan silo kapasitas kecil diikuti dengan pemadatan bertujuan menghindari masuknya oksigen yang berpotensi tumbuhnya jamur. Proses selanjutnya yaitu penyimpanan selama 21 hari secara *anaerob*. Setelah proses fermentasi selesai, proses berikutnya yaitu pengeringan hingga kadar air 13-14% serta dilanjutkan proses penepungan. Kemudian tepung fermentasi yang dihasilkan dilakukan pengukuran pH rumen, BK, BO, serta KcBK dan KcBO secara *invitro* metode Tilley dan Terry (1963). Sejumlah 0,5 g sampel ransum ditimbang serta diinkubasi pada lingkungan yang telah disesuaikan menyerupai lingkungan rumen. Masing-masing bagian membutuhkan waktu inkubasi selama 48 jam. Pada pencernaan enzimatik, sampel dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring Whatman No. 41 dan disimpan pada cawan porselin. Kertas saring serta cawan porselin kemudian dipanaskan pada kondisi oven 105 °C selama 24 jam untuk pengukuran bahan kering didibakar pada tanur 600 °C berkisar 4 jam untuk mengukur bahan organik. Koefisien cerna dihitung dengan rumus:

$$\text{KCBK (\%)} = \frac{\text{BK Sampel (g)} - (\text{BK Residu (g)} - \text{BK Blanko (g)})}{\text{BK sampel (g)}} \times 100\%$$

$$\text{KCBO (\%)} = \frac{\text{BK Sampel (g)} - (\text{BK Residu (g)} - \text{BK Blanko (g)})}{\text{BK sampel (g)}} \times 100\%.$$

5. Analisa Data

Tabulasi dan proses analisis data yang digunakan *software* SPSS 20 dan bila terdapat perbedaan maka diuji lanjut Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. pH Cairan Rumen, Bahan Kering dan Bahan Organik

pH rumen, nilai bahan kering dan bahan organik tepung fermentasi setelah inkubasi rumen merupakan komponen penting yang saling berkaitan berpengaruh terhadap kualitas fermentasi rumen. Nilai pH cairan rumen, bahan kering dan bahan organik rumen berbahan tepung fermentasi tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai pH Cairan Rumen, Bahan Kering dan Bahan Organik Rumen Berbahan Tepung Fermentasi Daun Pelepah Sawit, Ampas Tebu, Molases dan Urea

Parameter	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
pH Cairan Rumen	6,97 ± 0,01 ^c	6,84 ± 0,00 ^a	6,89 ± 0,01 ^b	6,97 ± 0,01 ^c	7,00 ± 0,01 ^d
BK Rumen (%)	90,00 ± 0,01	91,00 ± 0,01	91,00 ± 0,01	92,00 ± 0,01	91,00 ± 0,00
BO Rumen (%)	90,00 ± 0,01 ^b	87,00 ± 0,01 ^a	91,00 ± 0,01 ^b	91,00 ± 0,00 ^b	90,00 ± 0,01 ^b

Keterangan : P1 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu), P2 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5%), P3 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + urea 5%), P4 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 2,5% + urea 2,5%) dan P5 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5% + urea 5%); BK : bahan kering; BO : bahan organik

Nilai pH cairan rumen berbahan tepung fermentasi dipengaruhi ($P < 0,05$) oleh perbedaan aditif molases dan urea pada fermentasi pelepah sawit dan ampas tebu. Nilai pH cairan rumen secara keseluruhan masih dalam kondisi fermentasi normal dengan kisaran nilai 6-7. pH paling tinggi terdapat pada perlakuan P5 (tepung fermentasi kombinasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5% + urea 5%) dengan 7,00. Adanya peningkatan nilai pH cairan rumen pada perlakuan P5 diduga karena peran urea yang mampu mempertahankan dan menaikkan pH akibat sintesa protein dari penggunaan nitrogen, sedangkan penurunan nilai pH cairan rumen disebabkan fermentasi gula yang berjalan optimal pada proses pemanfaatan mikroba rumen sehingga aktivitas mikroba lebih optimal serta mendukung keberlanjutan produksi ruminansia (Yanza *et al.*, 2021). Wang *et al.*, (2021) menyebutkan bahwa urea diproduksi oleh enzim urease yang berpengaruh pada laju pemanfaatan amonia di dalam rumen sehingga terjadi peningkatan pH rumen. pH rumen riset ini tertinggi dibandingkan dengan riset Hoy *et al.*, (2023) pada fermentasi ransum komplit berbasis *sorgum clitoria ternate* serta penambahan $ZnSO_4$ dan $ZnCu$ dengan nilai 6,55-6,58.

Penambahan berbagai aditif tidak berpengaruh terhadap nilai bahan kering (BK) rumen berbahan tepung fermentasi pelepah sawit dan ampas tebu ($P > 0,05$). Tidak berbedanya antara perlakuan disebabkan terdapat keseimbangan antara karbohidrat dan protein dalam bentuk energi dan nitrogen berpengaruh pada degradasi mikroba rumen dalam memanfaatkan bahan kering juga relatif dihasilkan sama. Riset ini sanada yang disampaikan Harun *et al.*, (2019) dengan penambahan sumber gula dan nitrogen berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba rumen dalam mendegradasi komponen bahan kering. Nilai bahan kering pelepah sawit dan ampas tebu fermentasi pada rumen penelitian ini tertinggi dibandingkan riset Kurnia *et al.*, (2025) menggunakan tepung fermentasi tanaman semak berkayu dengan sumber karbon gula lontar cair menghasilkan nilai BK rumen yaitu 87,95% 91,64% .

Nilai bahan organik (BO) rumen berbahan tepung fermentasi pelepah sawit dan ampas tebu dipengaruhi ($P < 0,05$) oleh perbedaan aditif molases dan urea. Nilai BO rumen berkisar antara 87.00-91,00%. Hal ini kemungkinan disebabkan suplementasi urea mampu meningkatkan laju fermentasi rumen dalam bentuk amonia yang berasal dari hidrolisis urea. Hal ini sesuai dengan pendapat Pires *et al.*, (2003) bahwa fermentasi bahan organik dan N dari hidrolisis sumber nitrogen non protein

(NPN) berpengaruh dalam proses sintesa protein mikroba dan pertumbuhan mikroba rumen. Nilai bahan organik riset ini lebih rendah dibandingkan hasil riset Utomo *et al.*, (2013) menggunakan fermentasi isi rumen dengan penambahan onggok memiliki BO rumen 83,47%-92,65%.

2. Kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik

KcBK dan KcBO secara *invitro* dipengaruhi oleh kualitas pakan, kondisi rumen serta lingkungan fermentasi pada rumen. Semakin tinggi kecernaan menunjukkan bahwa ransum memiliki bahan kering yang mudah dicerna. Nilai KcBK dan KcBO rumen berbahan tepung fermentasi pelepah sawit dan ampas tebu tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kecernaan Bahan Kering (KcBK) dan Bahan Organik (KcBO) Rumen Berbahan Tepung Fermentasi Daun Pelepah Sawit, Ampas Tebu, Molases dan Urea

Parameter	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
KcBK (%)	36,31 ± 0,29 ^a	44,15 ± 1,78 ^d	38,17 ± 0,49 ^b	42,80 ± 0,53 ^d	40,65 ± 1,22 ^c
KcBO (%)	30,52 ± 0,85 ^a	38,04 ± 2,52 ^{cd}	33,66 ± 0,78 ^b	39,05 ± 0,98 ^d	36,33 ± 1,33 ^c

Keterangan : P1 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu), P2 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5%), P3 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + urea 5%), P4 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 2,5% + urea 2,5%) dan P5 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5% + urea 5%)

Kecernaan bahan kering (KcBK) dipengaruhi ($P < 0,05$) oleh penambahan aditif molases, urea dan kombinasinya pada fermentasi pelepah sawit dan ampas tebu. Nilai KcBK paling tinggi terdapat di perlakuan P2 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5% + urea 5%) dengan nilai 44,15% tetapi tidak berbeda ($P > 0,05$) dengan P4 tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 2,5% + urea 2,5%) dengan nilai 42,80% . Setaranya nilai KcBK rumen pada P2 dan P4 disebabkan molases mengandung karbohidrat mudah larut yang merupakan sumber energi yang tersinkronisasi dengan urea sebagai penyedia protein berbentuk nitrogen yang digunakan mikroba rumen dalam fermentasi, hal ini berakibat pada pertumbuhan dan aktivitas mikroba rumen semakin meningkat (Xin *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2017). Mikroba rumen memegang peranan penting dalam pencernaan dan produksi ruminansia (Hassan *et al.*, 2020). Bostami *et al.*, (2008) menyebutkan bahwa molases merupakan sumber gula yang optimal mampu meningkatkan produksi asam laktat Nilai KcBK penelitian ini tidak berbeda dengan hasil riset Sugara *et al.*, (2020) menggunakan ransum komplut ampas tebu fermentasi dengan penambahan limbah kubis dengan nilai 40,36 – 44,73 %. Nilai KcBK riset ini lebih rendah dibandingkan hasil riset Samsiah *et al.*, (2023) dengan menggunakan isi cairan rumen penggunaan karbohidrat mudah larut menghasilkan KcBK 46,57%-54,11%, serta lebih rendah dibandingkan penelitian Ifani *et al.*, (2023) menggunakan konsentrat dengan penambahan daun gamal tanpa fermentasi menghasilkan KcBK rumen yaitu 75,26-86,43%

Perlakuan penambahan bahan aditif molases, urea dan kombinasinya pada fermentasi pelepah sawit dan ampas tebu berpengaruh terhadap nilai KcBO ($P < 0,05$). Nilai kecernaan bahan organik paling tinggi pada perlakuan P4 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 2,5% + urea 2,5%) dan hampir sama pada perlakuan P2 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 5%) dengan nilai 39,05% versus 38,04. Secara keseluruhan bahwa penambahan molases dan urea pada proses fermentasi pada perlakuan P4 ternyata lebih optimal dalam meningkatkan kecernaan bahan organik secara *invitro*. Hal ini disebabkan molases merupakan komponen karbohidrat non struktural yang mampu menyediakan sumber gula tinggi serta urea sebagai sintesa protein oleh mikroba rumen. Kondisi ini berimplikasi pada peningkatan populasi dan

aktivitas mikroba rumen sehingga terjadi degradasi bahan organik juga semakin tinggi. Hal ini sejalan disampaikan Palmonari *et al.*, (2021); Zain *et al.*, (2023) bahwa molases dan urea (sumber N) merupakan sumber gula dan protein untuk mendukung regenerasi mikroba rumen sehingga berimplikasi pada kemudahan pencernaan di dalam rumen. Nilai KcBO riset ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Lazarus *et al.*, (2025) menggunakan limbah sayur fermentasi dengan aditif polard memiliki nilai KcBK yaitu 52,69-66,73%.

PENUTUP

Kesimpulan

Perlakuan P4 (tepung fermentasi daun pelepah sawit + ampas tebu + molases 2,5% + urea 2,5%) merupakan perlakuan terbaik karena mampu meningkatkan nilai pencernaan bahan kering (42,80%) dan pencernaan bahan organik (39,05%) serta mampu mempertahankan kestabilan pH rumen (6,97) dibandingkan perlakuan lainnya.

Saran

Saran penelitian selanjutnya yaitu perlu penyusunan pakan sesuai kebutuhan nutrisi ternak ruminansia berdasarkan model *total mixing ration* berbahan limbah agroindustri kelapa sawit berbasis hijauan dan konsentrat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bolsen, K.K., Ashbell, G., & Weinberg, Z.G. 1996. Silage fermentation and silage additives – Review. *Asian Australas. J. Anim. Sci*, 9, 483–494. <https://doi.org/10.5713/ajas.1996.483>.
- Bostami, A.B., Khan, M.R., Amin, R.I., Sarker., M.R., Pervage, N.R., S., & Hasan, K. (2008). Effect of addition of molasses and period of preservation on physical and nutritional properties of maize stover silage. *Journal. Animal. Science*, 37(2), 42 – 51. <https://doi.org/10.3329/bjas.v37i2.9880>.
- Darmin, V., Twenfohel, O., Dato, D., & Mullik, M.L. (2023). Pengaruh rasio karbon nitrogen dalam ensilage campuran mukuna lokal (*mucuna sp*) dan rumput kume (*sorghum plumosum var. timorensis*) segar terhadap kandungan nutrisi produk. *Jurnal Nukleus Peternakan*, 9(2), 127-135. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v9i2.7835>.
- Hartinger, T., Gresner, N., & Südekum, K.H. (2019). Effect of wilting intensity, dry matter content and sugar addition on nitrogen fractions in lucerne silages. *Agriculture*, 9, 1- 17. <https://doi.org/10.3390/agriculture9010011>.
- Harun, A.Y. & Sali, K. (2019). Factors affecting rumen microbial protein synthesis: A review. *Vet. Med. Open J*, 4, 27-35. <http://dx.doi.org/10.17140/VMOJ-4-133>.
- Hassan, F.U., Arshad, M.A., Ebeid, H.M., Rehman, M.S., Khan, M.S.S., & Hahid, S. (2020). Phytogetic additives can modulate rumen microbiome to mediate fermentation kinetics and methanogenesis through exploiting diet-microbe interaction. *Front Vet Sci*, 7, 575801. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.575801>.
- Hoy, C.P.E., Hartati, E., & Lestari, G.Y. (2023). Pengaruh fermentasi pakan komplit berbasis sorgum clitoria ternatea dengan penambahan berbagai level konsentrat mengandung ZnSO₄ dan ZnCu Isoleusinat terhadap Fermentasi Rumen In Vitro. *Animal Agricultura*, 1(2), 79-89. <https://doi.org/10.59891/animacultura.v1i2.18>.
- Ifani, M., Wijayanti, D., Rimbawanto, E.A., & Hartoyo, B. (2023). Substitusi konsentrat dengan daun gamal (*gliricidia sepium*) pada ransum sapi potong secara in vitro terhadap pencernaan bahan kering dan organik. *Jurnal Peternakan Lokal*, 5(1), 32-39. <https://doi.org/10.46918/peternakan.v5i1.1721>.

- Juliantoni, J., Adelina, T., Mirdhayati, I., & Afriani, A.S. (2023). Penambahan inokulum yang berbeda pada ampas tebu fermentasi terhadap kualitas nutrisi. *Musamus Journal of Livestock Science*, 6(1),1-7. <https://doi.org/10.35724/mjls.v6i1.4770>.
- Jiang, F., Cheng, H., Liu, D., Wei, C., An, W., Wang, Y., Sun, H., and Song, E. (2020). Treatment of Whole-Plant Corn Silage with Lactic Acid Bacteria and Organic Acid Enhances Quality by Elevating Acid Content, Reducing pH, and Inhibiting Undesirable Microorganisms. *Front. Microbiol*, 11, 593088. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2020.593088>.
- Li, X., Cheng, Y., Yang, F., Hu, J., Ma, R., Liu, H., & Shao, T. (2024). Improving total mixed ration silage: Effects of lactic acid bacteria inoculants and antimicrobial additives on fermentation quality and aerobic stability. *Agronomy*, 14(8),1602. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081602>.
- Kaiser, A.G. (2004). Silage additives. Chapter 7 in Successful Silage. Kaiser AG, Piltz JW, Burns HM, Griffiths NW. (eds). Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries. New South Wales, Australia.
- Kurnia, Twenfusel, O., Dato, D., & Benu, I. (2025). Pengaruh lama waktu biofermentasi chromolaena odorata dengan sumber karbon gula lontar cair terhadap kandungan serta pencernaan in vitro bahan kering dan bahan organik. *Animal Agrcultura*, 2(3):870-882. <https://doi.org/10.59891/animacultura.v2i3.112>
- Lazarus, E.J.L., Lawa, E.D.W., Manu, A.E., & Oematan, G. (2025). Efektivitas pollard sebagai aditif dalam fermentasi limbah sayur kubis: komposisi kimia, pencernaan, dan fermentasi in vitro. *Rekasatwa Jurnal Ilmiah Peternakan*, 7(2), 58-69. <https://doi.org/10.33474/rekapet.v7i2.23716>.
- Li, X., Cheng, Y., Yang, F., Hu, J., Ma, R., Liu, H., & Shao T. (2024). Improving total mixed ration silage: Effects of lactic acid bacteria inoculants and antimicrobial additives on fermentation quality and aerobic stability. *Agronomy*, 14(8),1602. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081602>.
- Li, C., Xue, A., & Zhao Q. (2017). Effect of licking molasses-urea block on weight gain, rumen fermentation, and the main microbe populations of grazing sheep during grass withering period. *J. Anim. Sci*95 (suppl4), 335.
- Liu, ZZ., Liu, J., Li, N., Xie, W., Qin, Feng & Zhi, W., (2020). Analysis of the development status of silage industry in China. *Herbology*, 251:70-75. <https://doi.org/10.3390/agriculture14091484>.
- Oliveira, A.S., Weinberg, Z.G., Ogunade, I.M., Cervantes, A.A.P., Arriola, K.G., Jiang, Y., Kim, D., Li, X., Gonçalves, M.C.M., Vyas, D. (2017) Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *J. Dairy Scii*, 100, 4587-4603. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11815>.
- Palmonari, A., Cavallini, D., Sniffen, C. J., Fernandes, L., Holder, P., Fagioli, L., Fusaro, I., Giammarco, M., Formigoni, A., & Mammi, L. (2021). In vitro evaluation of sugar digestibility in molasses. *Ital. J. Anim. Sci*, 20,571-577. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1899063>.
- Pires, A.J.V., Garcia, R., Souza, A.D., Silva, F.F., Veloso, C.M., Cardoso, G.C. & Silva, P.A. (2003). Sorghum silage treated with anhydrous ammonia and, or, sodium sulfide added to the diet for ¾ Indubrazil/Holstein steers. *R. Bras. Zootec*, 32,152-153.
- Raffles, Harahap., A.E., & Febrina, D. (2016). Nilai nutrisi ampas tebu (bagasse) yang difermentasi menggunakan starbio® pada level yang berbeda. *Jurnal Peternakan*, 13 (2), 59-65. <http://dx.doi.org/10.24014/jupet.v13i2.2420>.

- Rahmaini, Kartono, Joharsah, Zendrato, D.P., Sianipar, R.R., & Permata, A. (2022). Evaluasi nutrisi daun dan pelepah sawit pada teknik pengolahan berbeda sebagai pakan ternak ruminansia. *Jurnal Sains Agro*. 7(2),197-210. <https://doi.org/10.36355/jsa.v6i2.1495>.
- Samsiah, Maritje, A., Hilakore, Lazarus, E.J.L., & Lawa, E.D.W. (2023). Penggunaan karbohidrat mudah larut dalam pembuatan fermentasi isi rumen sapi terhadap bahan kering, bahan organik dan pencernaan in vitro. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 5(2),52-59. <https://doi.org/10.33474/rekasatwa.v5i2.20807>.
- Sugara A., Adrizal & I. Ryanto. 2020. Pengaruh penggunaan limbah kubis dalam fermentasi ransum komplit Sberbasis limbah tebu terhadap pencernaan bahan kering, bahan organik, dan VFA secara in vitro. *Jurnal Ilmu Ternak*. 20(1):10-16. <https://doi.org/10.24198/jit.v20i1.27531>.
- Suryani, & Wijaya, M.T.H. (2025). Inovasi pakan fermentasi berbasis limbah pertanian untuk meningkatkan produktivitas sapi potong. *Science Technology and Agriculture Journal*. 6(2),343-354. <https://doi.org/10.37638/sinta.6.2.343-354>.
- Sousa, A.W., Rigueira, J.P.S., Almeida-Moura, M.M., Jesus, D.L., Monção, F.P., Rocha-Júnior, V.R., & Silva, M.F. (2020). Fermentative characteristics and nutritional value of sugarcane silage added with to tese of urea. *Rev. Colomb. De Cienc. Pecu*, 33, 182-194.
- Tilley, J.M.A & Terry, R.A. (1963). a Two-Stage Technique for the in Vitro Digestion of Forage Crops. *Grass Forage Sci*,18(2),104-111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Utomo, R., Budhi, S.P.S., & Astuti, I.F. (2013). Pengaruh level onggok sebagai aditif terhadap kualitas fermentasi isi rumen sapi. *Buletin Peternakan*, 37(3),173-180. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v37i3.3089>.
- Wang, M.Z., Yang, S.H., Liu, F.Y., Zhang, Z.B., & Zhao, J. (2021). Research progress on preparation technology of slow-release urea and its application in ruminant production. *Chin. Dairy*, 237,32-39. <https://doi.org/10.3390/ani14162296>.
- Wang, Y., Sun, Y., Huang, K.H., Gao, Y., Lin, Y., Yuan, B., Wang, X., Xu, G., Nussio, L.G, Yang F., & Ni, K., (2024) Multi-omics analysis reveals the core microbiome and biomarker for nutrition degradation in alfalfa silage fermentation. *ASM J*, 9,11,1-17. <https://doi.org/10.1128/msystems.00682-24>.
- Yanza Y.R, Fitri A, Suwignyo B, Elfahmi Hidayatik N & Kumalasari N.R. 2021. The utilisation of tannin extract as a dietary additive in ruminant nutrition:A meta-analysis. *Animals (Basel)* 2021;11(11):3317. <https://doi.org/10.3390/ani11113317>.
- Yao, M., Wang, H., Lin, X., Li, W., Liu, W., & Huang, M. (2024). Effects of different levels of molasses and complex bacterial enzyme preparations on nutritional value and fermentation quality of fresh corn stalk silage. *China Feed*, 21, 137-141. <https://doi.org/10.1186/s12866-025-04023-2>.
- Xin, H.S., Schaefer, D.M., Liu, Q.P, Axe D.E., Meng, Q. X. (2010). Effects of Polyurethane Coated Urea Supplement on In Vitro Ruminal Fermentation, Ammonia Release Dynamics and Lactating Performance of Holstein Dairy Cows Fed a Steam-Flaked Corn-Based Diet. *Asian Austral J. Anim*. 23, 491-500. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90153>
- Zain, M., Despal, Tanuwiria, U.H, Pazla, R., Putri, E.M., & Amanah, U. (2023). Evaluation of legumes, roughages, and concentrates based on chemical composition, rumen degradable and undegradable proteins by in vitro method. *Int. J. Vet. Sci.*, 12(4):528-538. <https://doi.org/10.47278/journal.ijvs/2022.218>.
- Zhang, N., Zhou, Y., Ali, A., Wang, T., Wang, X., & Sun, X. (2024). Effect of molasses addition on the fermentation quality and microbial community during mixed microstorage of seed pumpkin Peel residue and sunflower stalks. *Fermentation*, 10, 314. <https://doi.org/10.3390/fermentation10060314>.

Zhang, H., Wu, J., Gao, L., Yu, J., Yuan, X., Zhu, W., Wang, X., and Cui, Z. 2018. Aerobic Deterioration of Corn Stalk Silage and Its Effect on Methane Production and Microbial Community Dynamics in Anaerobic Digestion. *Bioresour. Technol*, 250, 828–837. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.149>