

Bioavailabilitas Nutrien pada Pakan Berserat dari Limbah Agroindustri dengan Teknologi Pengolahan yang Berbeda

Nutrient Bioavailability of Fibrous Agricultural Residues with Different Processing Technology

D Setiadi¹, T Widiyastuti^{1*}, B Haryanto¹, T R Prihambodo¹

Corresponding email:
titin.widiyastuti@unsoed.ac.id

¹) Fakultas Peternakan
Universitas Jenderal Soedirman,
Jl. Dr. Soeparno No. 60,
Karangwangkal, Purwokerto
Utara, Kabupaten Banyumas,
Jawa Tengah, Indonesia

ABSTRACT

The availability of forage in Indonesia is highly fluctuating, thereby hindering the sustainability of ruminant livestock farming. This study was conducted to optimize the potential of waste by improving the quality of nutrients contained therein through appropriate technology. An exploratory study was conducted by applying ammoniation technology using 3% urea and fermentation using 8% *Trichoderma viride* on several types of agro-industrial waste, including banana stems (ares), corn husks, peanut shells, durian skins, and pineapple skins. The parameters measured included dry matter digestibility, organic matter digestibility, volatile fatty acid concentration, and ammonia nitrogen (N-NH₃) production. The data were analyzed using descriptive methods. The results showed that ammoniation and fermentation treatments altered the nutrient characteristics of the feed materials and increased in vitro nutrient digestibility, particularly improving nutrient availability. Overall, these findings indicate that processing local feed sources through ammoniation and fermentation can improve nutrient availability and represent a promising strategy for developing efficient alternative feed sources for ruminants.

Key words: agroindustrial waste, ammoniation feed technology, fermentation feed technology, in vitro digestibility, nutrient bioavailability

ABSTRAK

Ketersediaan hijauan di Indonesia sangatlah fluktuatif, sehingga menghambat keberlanjutan usaha peternakan ternak ruminansia. Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan potensi limbah dengan memperbaiki kualitas nutrien yang terkandung melalui teknologi yang tepat guna. Studi eksplorasi dilakukan dengan menerapkan teknologi amoniasi menggunakan 3% urea dan fermentasi menggunakan 8% *Trichoderma viride* pada beberapa limbah agroindustri termasuk batang pisang (ares), kulit jagung, cangkang kacang tanah, kulit durian, dan kulit nanas. Peubah yang diukur meliputi pencernaan bahan kering, pencernaan bahan organik, konsentrasi asam lemak volatil, dan produksi nitrogen amonia (N-NH₃). Data dianalisis menggunakan metode deskriptif. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan amoniasi dan fermentasi mengubah karakteristik nutrien bahan pakan dan meningkatkan pencernaan nutrien in vitro, terutama meningkatkan ketersediaan nutrisi. Simpulan penelitian bahwa pengolahan sumber pakan lokal melalui amoniasi dan fermentasi dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dan mewakili strategi yang menjanjikan untuk mengembangkan sumber pakan alternatif yang efisien bagi ternak ruminansia.

Kata kunci: bioavailabilitas nutrien, pencernaan in vitro, limbah agroindustri, pakan berserat, teknologi pakan amoniasi, teknologi pakan fermentasi



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

Ketersediaan hijauan merupakan faktor utama dalam mendukung produktivitas ternak ruminansia di Indonesia. Namun, pasokan hijauan yang tersedia di Indonesia saat ini sangatlah fluktuatif, sehingga menghambat keberlanjutan produksi. Ternak ruminansia memiliki keunikan karena mampu mengubah hijauan yang notabene merupakan pakan berserat menjadi produk pangan berharga seperti daging dan susu (Daru et al. 2024). Pemanfaatan limbah hasil agroindustri dapat menjadi alternatif dalam memenuhi kebutuhan pakan berserat yang biasanya terpenuhi dari hijauan. Limbah hasil agroindustri yang dimanfaatkan sebagai pakan, berasal dari bagian-bagian tanaman yang dijadikan sebagai pakan berserat, sumber energi, sumber protein atau sumber mineral. Pakan berserat sebagian besar dapat berasal dari limbah pertanian dan perkebunan. Sumber energi dan protein berasal dari sisa pengolahan bahan pangan, biji-bijian, buah-buahan dan sayuran, limbah usaha dan hasil pengolahan hasil peternakan dan perikanan (Vastolo et al. 2025).

Limbah agroindustri seperti batang pisang, kulit jagung, kulit kacang tanah, dan limbah lainnya tersedia melimpah dan berpotensi menjadi sumber bahan pakan alternatif bagi ternak. Produksi jagung di Indonesia mencapai 20,48 juta ton pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik 2025), sedangkan produksi kacang tanah serta kulit pisang berturut-turut mencapai 9,26 juta ton dan 850 ribu ton pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik 2024). Pemanfaatan langsung limbah-limbah agroindustri sebagai pakan sering kali tidak optimal disebabkan oleh rendahnya bioavailabilitas nutrisi karena kandungan serat kasar dan senyawa antinutrisi yang tinggi (Yafetto, et al. 2023). Ternak yang dipelihara di pertanian tradisional pada umumnya mengalami kekurangan pakan, karena jumlah pakan yang diberikan biasanya kurang dari jumlah yang dibutuhkan, kualitas rendah dan jarang ditambah dengan makanan tambahan atau konsentrat (Wiyatna et al. 2012). Pengolahan limbah agroindustri secara tepat sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas bahan pakan dan memperluas sumber daya pakan lokal.

Teknologi pengolahan pakan seperti amoniasi dan fermentasi menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan kualitas dan bioavailabilitas nutrisi dari pakan berserat. Fermentasi menggunakan jamur *Trichoderma viride* merupakan salah satu pengolahan yang banyak digunakan pada limbah pertanian. Jamur *Trichoderma viride* merupakan jamur yang banyak menghasilkan enzim selulase kompleks. Keberadaan enzim tersebut dapat memudahkan pemecahan selulosa dan meningkatkan kadar protein terlarut (Ahmadi et al. 2015). Menurut Mohamed et al. (2024) menunjukkan bahwa fermentasi pakan berbasis Jerami dengan

Trichoderma viride dengan masa inkubasi 21 hari, selain meningkatkan nilai nutrisi jerami, juga meningkatkan produktivitas ternak.

Pengolahan amoniasi merupakan salah satu pengolahan limbah pertanian yang dapat meningkatkan kadar nitrogennya dan menurunkan serat kasar dengan memutus ikatan ligninnya, sehingga struktur serat menjadi lebih terurai dan mudah dicerna (Solehudin et al. 2024). Muhtarudin (2007) mengemukakan bahwa perlakuan amoniasi ditinjau dari produksi VFA (*Volatile Fatty Acid*) dan N-NH₃ menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan pengolahan silase dan hidrolisis NaOH. VFA dan N-NH₃ merupakan salah satu indikator fermentabilitas pakan. Suatu bahan pakan dikatakan baik apabila kadar VFA dan N-NH₃ yang dihasilkan pakan tersebut dapat memenuhi kebutuhan mikroorganisme yang ada pada rumen, sehingga akan memberikan dampak positif terhadap ternaknya. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan potensi limbah dengan memperbaiki kualitas nutrisi yang terkandung melalui teknologi yang tepat guna.

METODE

Bahan dan Alat yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan limbah hasil agroindustri yang berpotensi menjadi pakan sumber serat. Limbah hasil agroindustri tersebut meliputi bagian lunak di tengah batang pisang (ares pisang), klobot jagung, kulit kacang, kulit duren, dan kulit nanas. Bahan lainnya meliputi urea 3% untuk amoniasi, biakan *Trichoderma viride* 8% untuk fermentasi, serta cairan rumen sapi potong untuk pengujian pencernaan *in vitro*. Peralatan yang digunakan berupa seperangkat alat analisis *in vitro* dan N-NH₃.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental, menggunakan metode eksploratif, dengan teknologi pengolahan pakan sebagai perlakuan. Masing-masing limbah hasil agroindustri yang meliputi ares, klobot, kulit kacang, kulit duren, dan kulit nanas diberi perlakuan amoniasi urea sebanyak 3% selama 14 hari (A) dan fermentasi *T. viridae* 8% selama 7 hari pada suhu kamar (F), dan dilakukan perlakuan pengulangan sebanyak 2 kali. Hasil analisis berupa nilai pencernaan bahan kering, pencernaan bahan organik, *volatile fatty acid* (VFA) dan N-NH₃ akan dibandingkan dengan hasil analisis limbah hasil agroindustri yang tanpa dilakukan perlakuan (TP).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Variabel yang diamati meliputi pencernaan bahan kering, pencernaan bahan organik, VFA dan N-NH₃ secara *in vitro* (Tilley & Terry 1963).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu tujuan prosesing pakan adalah untuk meningkatkan kualitas nutrisi pakan (Hedemann *et al.* 2005). Tiga jenis prosesing pakan yang sering dilakukan yaitu cara fisik, kimia dan biologi. Wang *et al.* (2004) melaporkan bahwa perlakuan dengan alkali (cara kimia) akan memecah ikatan ester dan menghasilkan senyawa phenol dan atau menghasilkan selulosa bentuk kristal jerami gandum menjadi lunak sehingga memudahkan penetrasi enzim esterase. Amoniasi menggunakan urea mampu meningkatkan pencernaan serat melalui proses pemutusan ikatan lignoselulosa pada bahan pakan, sehingga meningkatkan aksesibilitas nutrisi bagi mikroba rumen (Abo-Donia *et al.* 2014). Sementara itu, fermentasi menggunakan kapang lignoselulolitik seperti *Trichoderma viride* dapat menghasilkan enzim selulase, hemiselulase, dan ligninase yang berperan dalam memperbaiki struktur fisik dan kimia bahan berserat (Hatta *et al.* 2014; Zakariah 2016).

Tabel 1 menunjukkan respon fermentasi rumen dan pencernaan secara *in vitro* beberapa limbah hasil agroindustri yang diberi perlakuan berbeda, yaitu tanpa perlakuan (TP), fermentasi (F), dan amoniasi (A). Perlakuan pengolahan pakan melalui fermentasi dan amoniasi memberikan respon yang bervariasi terhadap produksi VFA, konsentrasi amonia, serta pencernaan bahan kering dan bahan organik dari berbagai bahan pakan sumber roughage. Perbedaan ini berkaitan erat dengan karakteristik kimia dan fisik masing-masing substrat, terutama kandungan lignin, hemiselulosa, serta fraksi karbohidrat mudah larut yang menentukan tingkat degradasi oleh mikroba rumen.

Ditinjau dari kadar VFA yang dihasilkan menunjukkan bahwa kisaran kadar VFA limbah hasil TP, A, dan F cukup tinggi yaitu berkisar antara 63,75±9,46 sampai dengan 235±24,04 mMol, dengan kadar terendah ditunjukkan oleh klobot jagung tanpa perlakuan dan tertinggi ditunjukkan oleh kulit nanas yang di amoniasi. Perlakuan fermentasi dan amoniasi mampu meningkatkan kadar VFA pada semua jenis limbah hasil agroindustri. Kadar N-NH₃ bahan limbah agroindustri

yang meliputi menunjukkan kisaran 2,5 ± 0,14 mMol sampai dengan 12,9 ± 0,99 mMol, dengan konsentrasi terendah ditunjukkan oleh kulit duren tanpa perlakuan dan tertinggi ditunjukkan oleh kulit kacang yang tanpa perlakuan. Kecuali kulit duren tanpa perlakuan, konsentrasi N-NH₃ berada pada kisaran yang normal untuk mendukung pertumbuhan mikroba rumen. Hal tersebut sesuai pendapat Krisnan *et al.* (2009) konsentrasi N-NH₃ yang mendukung sintesis mikroba di dalam rumen berkisar 4-12 mM. Produktivitas ternak sangat ditentukan oleh kualitas dan jumlah pakan yang dikonsumsi. Kualitas pakan termasuk kandungan nutrisi seperti energi, protein, mineral dan vitamin dan kandungan zat anti-nutrisi seperti tanin, lignin dan senyawa sekunder lainnya (Haryanto 2012). Proses fermentasi rumen tidak akan terjadi tanpa adanya mikroorganisme yang menghasilkan enzim untuk mencerna produk makanan. Oleh karena itu, sintesis protein dilakukan oleh rumen mikroba adalah indikator kinematika fermentasi rumen (Bijina *et al.* 2011).

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan amoniasi pada ares pisang menghasilkan VFA tertinggi, namun kecernaannya justru menurun dibanding fermentasi dan tanpa perlakuan. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur serat pada ares pisang mungkin memiliki lignifikasi tinggi atau komponen non-pati yang sulit dipecah, sehingga amoniasi tidak cukup efektif meningkatkan fraksi tercerna meskipun memicu produksi VFA (Ma *et al.* 2020). Peningkatan N-NH₃ pada fermentasi menunjukkan bahwa proses tersebut lebih mampu menyediakan nitrogen tersedia untuk mikroba, yang berimplikasi pada peningkatan aktivitas fermentatif (Uwineza *et al.* 2023).

Berbeda dengan ares pisang, klobot jagung menunjukkan respon yang lebih konsisten dan positif terhadap amoniasi. Peningkatan VFA yang sangat tinggi serta meningkatnya nilai pencernaan BK dan BO pada perlakuan amoniasi menunjukkan bahwa klobot memiliki komposisi serat yang lebih responsif terhadap perlakuan alkali, terutama hemiselulosa yang mudah terurai ketika ikatan lignoselulosa dilemahkan oleh amonia (Datsomor *et al.* 2022).

Tabel 1 Kecernaan dan produk fermentasi rumen beberapa bahan limbah agroindustri dengan pengolahan berbeda

Bahan pakan	VFA (mMol)	N-NH ₃ (mMol)	Kec. BK (%)	Kec. BO (%)
Ares TP	119,50±18,65	5,93 ± 0,56	20,02 ± 0,8	20,85 ± 0,81
Ares F	146,0 ± 22,27	12,5 ± 1,16	20,17 ± 2,29	21,17 ± 2,54
Ares A	176,5 ± 11,82	9,83 ± 1,27	16,8 ± 2,57	16,99 ± 3,12
Klobot TP	63,75 ± 9,46	5,73 ± 0,26	38,70 ± 0,89	32,80 ± 2,54
Klobot F	195 ± 25,17	5,68 ± 1,06	38,98 ± 3,32	30,11 ± 3,12
Klobot A	210 ± 34,64	5,13 ± 0,75	42,30 ± 2,09	36,10 ± 0,46
Kulit kacang TP	178 ± 21,92	12,9 ± 0,99	14,94 ± 0,56	12,26 ± 0,65
Kulit kacang F	230,5 ± 0,00	7,7 ± 0,42	32,01 ± 5,71	28,92 ± 5,32
Kulit duren TP	201 ± 28,2	2,5 ± 0,14	24,80 ± 2,14	22,94 ± 2,18
Kulit duren A	224 ± 15,56	4,4 ± 0,28	22,11 ± 3,10	19,17 ± 2,73
Kulit nanas TP	212 ± 36,77	4,5 ± 0,71	36,54 ± 2,64	36,60 ± 2,05
Kulit nanas F	186,5 ± 0,71	7,3 ± 0,71	40,43 ± 5,52	39,85 ± 6,33
Kulit nanas A	235 ± 24,04	17 ± 7,07	39,46 ± 0,59	39,21 ± 0,51

Keterangan: TP (tanpa perlakuan), F (Fermentasi), A (Amoniasi), VFA (*volatile fatty acid*), N-NH₃ (Kadar Nitrogen ammonia rumen), Kec. BK (Kecernaan bahan kering), Kec. BO (Kecernaan bahan organik)

Tabel 2 Kandungan serat kasar limbah hasil agroindustri

Limbah agroindustri	NDF (%)	ADF (%)	Lignin (%)	Referensi
Ares (kulit padi/rice husk)	75-85	45-55	15-25	Kaur et al. (2018)
Klobot (kulit jagung/corn cob)	65-75	35-45	8-15	Kumar et al. (2020)
Kulit kacang (peanut shell)	70-80	50-60	20-30	Singh et al. (2019)
Kulit duren (durian peel)	60-70	40-50	10-20	Rahman et al. (2021)
Kulit pisang (banana peel)	50-65	30-40	5-15	Kumar et al. (2017)
Kulit nanas (pineapple peel)	55-70	35-45	8-18	Olaniyan et al. (2016)

Fermentasi juga meningkatkan VFA, tetapi kecernaannya tidak setinggi hasil pengolahan amoniasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan kimia lebih efektif untuk bahan dengan kandungan serat tinggi.

Pada kulit kacang, fermentasi memberikan peningkatan kecernaan yang drastis dibanding tanpa perlakuan. Kulit kacang TP memiliki kecernaan sangat rendah, menandakan struktur serat keras dan tingkat lignifikasi tinggi. Proses fermentasi mampu memodifikasi matriks serat dan meningkatkan fraksi karbohidrat yang dapat didegradasi sehingga meningkatkan ketersediaan substrat bagi mikroba rumen (Pamungkas et al. 2024). Peningkatan VFA pada fermentasi mengonfirmasi tingginya aktivitas fermentatif sebagai konsekuensi meningkatnya ketersediaan nutrisi.

Sementara itu, kulit durian memperlihatkan pola yang berbeda. Walaupun amoniasi meningkatkan VFA, nilai kecernaan bahan kering dan organik menurun dibanding TP. Fenomena ini menandakan bahwa struktur serat pada kulit durian cenderung lebih resisten terhadap perlakuan alkali, kemungkinan karena kandungan lignin yang tinggi atau adanya komponen fenolik yang menghambat degradasi (Nguyen et al. 2024). Kondisi ini memperlihatkan bahwa amoniasi tidak selalu efektif untuk semua jenis limbah berserat, terutama jika struktur lignoselulosa sangat kompleks.

Bahan kulit nanas menunjukkan respons yang stabil dan positif terhadap kedua perlakuan. Amoniasi menghasilkan VFA dan N-NH₃ tertinggi, tetapi fermentasi maupun amoniasi sama-sama meningkatkan kecernaan BK dan BO dibanding TP. Kandungan karbohidrat mudah larut dan fraksi serat yang relatif lunak pada kulit nanas mendukung kenaikan aktivitas mikroba rumen sehingga menghasilkan kecernaan yang lebih tinggi (Kiatti et al. 2023; Ismayanti et al. 2025). Hal ini menjadikan kulit nanas sebagai salah satu limbah agroindustri yang paling potensial untuk diolah sebagai pakan sumber serat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas fermentasi dan amoniasi sangat

dipengaruhi oleh karakteristik bahan pakan, terutama kandungan lignin dan struktur serat seperti yang tertera pada Tabel 2. Amoniasi lebih efektif pada bahan dengan fraksi hemiselulosa tinggi seperti klobot dan kulit nanas, sedangkan fermentasi lebih menguntungkan bagi bahan dengan struktur serat keras seperti kulit kacang. Temuan ini menguatkan bahwa pemilihan teknologi pengolahan pakan harus disesuaikan dengan sifat kimia bahan agar peningkatan kecernaan dan nilai nutrisi dapat dicapai secara optimal.

SIMPULAN

Perlakuan amoniasi pada limbah hasil agroindustri seperti klobot dan kulit nanas, serta perlakuan fermentasi pada kulit kacang, mampu meningkatkan bioavailabilitas nutrisi bahan pakan secara in vitro.

DAFTAR PUSTAKA

- Abo-Donia FM, Abdel-Azim SN, Elghandour MMY, Salem AZM, Buendia G & Soliman NAM. 2014. Feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation activities in sheep-fed peanut hulls treated with *Trichoderma viride* or urea. *Tropical Animal Health and Production*. 46(1): 221–8. <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0479-z>
- Ahmadi F, Zamiri MJ, Khorvash M, Banihashemi Z & Bayat AR. 2015. Chemical composition and protein enrichment of orange peels and sugar beet pulp after fermentation by two *Trichoderma* species. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 16(1):25–30
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2025. Luas panen dan produksi jagung pipilan di Indonesia (Agustus 2025). Press Release BPS. Diakses pada Kamis, 8 Januari 2026 pkl. 13.48.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2024. Tanaman sayuran dan buah-buahan semusim menurut provinsi dan jenis tanaman. Diakses pada Kamis, 8 Januari 2026 pkl. 14.02.
- Bijina B, Chellappan S, Basheer SM, Elyas KK, Bahkali AH & Chandrasekaran M. 2011. Protease inhibitor from *Moringa oleifera* leaves: isolation, purification and characterization. *Process Biochemistry Journal*. 46: 2291-2300.
- Daru TP, Mayulu H, Suhardi, Safitri A, Ardiansyah. 2024. Peningkatan populasi ternak ruminansia di Kabupaten Penajam Paser Utara berdasarkan potensi hijauan pakan. *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis* 7(1): 1-10.
- Datsomor O, Yin Q, Wang K, Mohamed S, Opoku-Mensah L, Zhao G & Miao L. 2022. Effect of ammoniated and/or *Basidiomycete* white-rot fungi treatment on rice straw proximate composition, cell wall component, and in vitro rumen fermentation characteristics. *Fermentation*. 8(5): 228. <https://doi.org/10.3390/fermentation8050228>
- Haryanto B. 2012. Review Penelitian Nutrisi Ruminansia. *Wartazoa*, 22: 69-17
- Hatta U, Sjöfyan O, Subagiyo I & Sundu B. 2014. Effects of fermentation by *Trichoderma viride* on nutritive value of copra meal, cellulase activity and broiler performance. *Livestock Research and Rural Development*. 26(4):61
- Hedemann MS, Mikkelsen LL, Naughton PJ & Jensen BB. 2005. Effect of feed particle size and feed processing on morphological characteristics in the small and large intestine of pigs and on adhesion of *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* DT12 in the ileum in vitro. *Journal of Animal Science*. 83:1554-1562.
- Ismayanti AN, Susilawati I & Tanuwirya H. 2025. Effect of pineapple peel waste on in vitro digestibility and fermentability in goat rations.

- Advance Animal Veterinary Science 13(5):1124-1133. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2025/13.5.1124.1133>
- Kaur D, Singh B & Kaur N. 2018. Rice husk as a potential feed ingredient for livestock: nutritional evaluation. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 35(2):145-152.
- Kiatti D, Vastolo A, Koura BI, Vitaglione P, Cutrignelli MI & Calabro S. 2023. The chemical characteristics and in vitro degradability of pineapple by-products as potential feed for ruminants. *Animals*. 13(20): 3238. <https://doi.org/10.3390/ani13203238>
- Krisnan R, B Haryanto & KG Wiryawan. 2009. Pengaruh kombinasi penggunaan probiotik mikroba rumen dengan suplemen katalitik dalam pakan terhadap pencernaan dan karakteristik rumen domba. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 14(4): 262-269
- Kumar V, Singh M & Kumar A. 2020. Potential of maize by-products as animal feed in developing countries. *Animal Feed Science and Technology*. 261:114394.
- Kumar R, Singh M & Singh S. 2017. Utilization of agro-industrial by-products as animal feed: a review. *Veterinary World*. 10(11):1437-1444.
- Ma Y, Chen C, Khan MZ, Xiao J, Liu S, Wang J, He Z, Li C & Cao Z. 2020. The impact of ammoniation treatment on the chemical composition and in vitro digestibility of rice straw in Chinese Holsteins. *Animals* 10(10): 1854. <https://doi.org/10.3390/ani10101854>
- Mohamed MAA, Fatima AF, Mohamed ASO & Ageelah A. 2024. Impact of feeding Barki lambs on straw treated with *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* on growth performance and protein digestibility. *Archives of Agriculture Sciences Journal*. 7(1): 130-136.
- Muhtarudin. 2007. Kecernaan pucuk tebu terolah secara in vitro. *Jurnal Indonesian Tropical Animal Agriculture*. 32(3):146-150
- Nguyen PAT, Nguyen TTT & Vo BKN. 2024. Pectin from durian peel (*Durio zibethinus* Murr.) - a novel reducing and stabilizing agent: physicochemical properties, green synthesis of silver nanoparticles and antimicrobial properties. *Carb Polymer Technologies and Applications*. 8(2024): 100623. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100623>
- Olaniyan AM, Ojebiyi OO & Adedeji OS. 2016. Pineapple waste as a potential feed resource for ruminants in Nigeria. *Nigerian Journal of Animal Production*. 43(2):200-208.
- Pamungkas D, Hernaman I, Istianto M, Ayuningsih B, Ginting SP, Solehudin S, Paat PC, Mariyono M, Tresia GE, Ariyanti R, Fitriawaty F & Yusriani Y. 2024. Enhancing the nutritional quality and digestibility of citronella waste (*Cymbopogon nardus*) for ruminant feed through ammoniation and fermentation techniques. *Veterinary World*. 17(7): 1603-1610. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1603-1610>
- Rahman MM, Hossain ME & Islam MS. 2021. Durian peel as a ruminant feed: nutritional evaluation. *Bangladesh Journal of Animal Science*. 50(1):23-30.
- Singh R, Singh P & Kumar S. 2019. Agro-industrial wastes as livestock feed: prospects and challenges. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*. 8(2):1234-1245
- Solehudin, Hernaman I, Ayuningsih B & Pamungkas D. 2024. Efektivitas amoniasi, fermentasi dan amoniasi fermentasi dengan *Trichoderma harzianum* pada jerami sereh pada jerami sereh wangi (*Cymbopogon nardus*). *Jurnal Agripet* 24(1): 54-56. <https://doi.org/10.17969/agripet.v24i1.29594>
- Tilley JMA & Terry RA. 1963. A two stage technique for the invitro digestion of forage crop. *Journal of The British Grassland Society*.
- Uwineza C, Bouzarjomehr M, Parchami M, Sar T, Taherzadeh MJ & Mahboubi A. 2023. Evaluation of in vitro digestibility of *Aspergillus oryzae* fungal biomass grown on organic residue derived-VFAs as a promising ruminant feed supplement. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 14:120. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00922-4>
- Vastolo A, Mora B, Kiatti D, Nocerino M, Haroutounian S, Baka RD, Ligda P, Cutrignelli MI, niderkon V & Calabro S. 2025. Assesment of the effect of agro-industrial by-products rich in polyphenols on in vitro fermentation and methane reduction in sheep. *Frontiers Veterinary Science*. 12:1530419. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1530419>
- Wang Y, Sprating BM, ZoBell DR, Wiedmeier RD & TA McAllister. 2004. Effect of alkali pretreatment of wheat straw on the efficacy of exogenous fibrolytic enzymes. *Journal of Animal Science*. 82:198-208.
- Wiyatna MF, Gurnadi E & Mudikdjo K. 2012. Produktivitas sapi Peranakan Ongole pada sistem pertanian tradisional di wilayah Sumedang. *Jurnal Ilmu Ternak*. 12: 22-25.
- Yafetto L, Odamtten GT & Wiafe-Kwagyan M. 2023. Valorization of agro-industrial wastes into animal feed through microbial fermentation: a review of the global and Ghanaian case. *Heliyon* 9: e14814. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14814>
- Zakariah MA. 2016. Effect of *Trichoderma viride* and *Saccharomyces cerevisiae* inoculation on cocoa pod composition and digestibility. *International Journal of Agriculture System*. 4(2):178-186.