



Supplementation of Tannin and Saponin Extracts to Reduce Methane Gas Emissions

Niswatin Hasanah^{1*} and Nining Haryuni²

¹Department of Animal Husbandry, Politeknik Negeri Jember, Jember 68101, East Java, Indonesia

²Department of Animal Husbandry, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar
Jl. Masjid No.22 Kauman, Kec.Kepanjenkidul, Kota Blitar, Indonesia

*E-mail: niswatin_hasanah@polije.ac.id

(received: **Maret 2024** ; revised: **April 2024** ; accepted: **Mei 2024**)

ABSTRACT

The method used in writing this article is a review and analysis of a collection of research journals and books related to tannins, saponins and fermentation in the rumen. Methane gas is the second largest producer of greenhouse gases after CO₂ and has a heat retention capacity 25 times greater than CO₂. The formation of methane gas is an indicator of suboptimal fermentation in the rumen which has an impact on slow livestock growth. Tannins are polyphenolic compounds originating from plants that have a bitter taste, chelator compounds that can be used to protect proteins and various substances. Saponins are steroid glycosides, or triterpenoids, found in many plants. Saponins are able to form stable compounds, such as soap foam, in aqueous solutions. Saponins are sugars containing glucose, galactose, glucuronic acid, xylose, rhamnose or methylpentose which combine to form hydrophobic glycosides and aglycones (sapogenins), namely triterpenoids and steroids. The combination of these two extracts can be used to suppress the growth of protozoa and methanogenic bacteria that produce methane gas. Supplementation of tannin and saponin extracts as feed additives for ruminant livestock can optimize fermentation that occurs in the rumen and reduce methane gas emissions.

Key Words: Feed, methane gas, saponin, tannin

PENDAHULUAN

Faktor pemicu pemanasan global antara lain emisi metana dan dinitrogen oksida. Sektor pertanian menyumbang sekitar 10-12% dan sektor peternakan menyumbang 18 hingga 51% dari total emisi gas rumah kaca (GRK) antropogenik (Sarah, Susilawati, & Pramono, 2021). Gas metan merupakan penghasil gas rumah kaca terbesar kedua setelah CO₂ dan mempunyai kapasitas retensi panas 25 kali lebih besar dibandingkan CO₂ (Herdian et al., 2011; Haryuni, 2018). Sektor peternakan, khususnya ruminansia, merupakan salah satu sumber akumulasi gas metana antropogenik (28%) (Beauchemin et al. 2008; Edi & Haryuni, 2023). Selain berkontribusi terhadap pemanasan global, emisi metan dari ternak ruminansia juga mengakibatkan hilangnya potensi hijauan yang dapat dimanfaatkan untuk menunjang produktivitas. Jumlah energi yang hilang pada ternak ruminansia adalah sekitar 8-14% dari total energi yang dicerna (Cottle et al. 2011; Akbar et al., 2024; Haryuni, 2014). Oleh karena itu, perlu dilakukan

upaya untuk mengurangi produksi gas metan dari ternak ruminansia. Salah satu cara untuk mengurangi emisi metan dari limbah ternak ruminansia adalah melalui strategi pemberian pakan. Hal ini memiliki manfaat jangka panjang dalam mengurangi laju penumpukan gas rumah kaca dan dalam jangka pendek dapat dimanfaatkan untuk mengurangi hilangnya energi ternak ruminansia yang diubah menjadi gas metan. Banyak upaya telah dilakukan untuk mengurangi emisi gas metan dari ternak ruminansia yang produktif. Salah satu pendekatannya adalah menggunakan antibiotik seperti monensin (Afzalani et al., 2018; Haryuni & Muanam, 2023; Haryuni et al., 2024). Namun penggunaan antibiotik sebagai feed additive dapat memberikan dampak negatif terhadap ternak (Jayanegara, 2009). Oleh karena itu, untuk mengurangi emisi metana diperlukan senyawa alami pengganti antibiotik, salah satunya adalah penggunaan ekstrak tanin dan saponin. Tanin merupakan senyawa polifenol yang berasal dari tumbuhan yang mempunyai rasa pahit, senyawa khelator yang dapat digunakan untuk melindungi protein dan berbagai zat (Aldila et al., 2023;

Wurandari et al., 2023; Haryuni et al., 2024). Senyawa organik lainnya, termasuk asam amino dan kalium.

Tanin merupakan senyawa polifenol yang larut dalam air yang membentuk kompleks dengan protein dan merupakan antinutrien bagi hewan ruminansia (Goel et al., 2005; Haryuni et al., 2017). Menurut Patra (2010), tanin memiliki berat molekul yang tinggi dan dapat membentuk kompleks dengan protein karena banyaknya gugus hidroksil fenolik. Tanin ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, semak, sereal, dan biji-bijian. Saponin adalah glikosida steroid, atau triterpenoid, yang ditemukan di banyak tumbuhan. Saponin mampu membentuk senyawa stabil, seperti busa sabun, dalam larutan air (Nurlaila et al., 2019; Rozaqi et al., 2023; Nahroni et al., 2023). Saponin adalah gula yang mengandung glukosa, galaktosa, asam glukuronat, xilosa, rhamnosa atau metilpentosa yang bergabung membentuk glikosida hidrofobik dan aglikon (sapogenin) yaitu triterpenoid dan steroid (Haryuni et al., 2022; Haryuni et al., 2024; Haryuni et al., 2015).

MATERI DAN METODE

Metode

Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah review dan analisis dari kumpulan jurnal penelitian dan buku yang berkaitan dengan tanin, saponin dan fermentasi pada rumen (Haryuni, 2018).

PEMBAHASAN

Fermentasi pada Rumen

Sistem pencernaan pada ternak ruminansia berbeda dengan sistem pencernaan pada ternak unggas dimana pada ternak ruminansia pencernaan melibatkan fermentasi yang dilakukan oleh mikroba rumen (Ma'mun et al., 2024; Fajar et al., 2024; Alfami et al., 2024). Pada ternak unggas proses pencernaan dilakukan dengan mendegradasi molekul kompleks dari pakan yang masuk dalam tubuh menjadi molekul sederhana yang dapat dimanfaatkan oleh tubuh ternak (Muhsin & Haryuni, 2024; Sikone et al., 2014). Pada proses ini karbohidrat dari pakan didegradasi menjadi glukosa dan protein didegradasi asam amino. Sementara pada ternak ruminansia karbohidrat dari pakan difermentasi menjadi *volatile fatty acid* (VFA) dan protein difermentasi menjadi amonia. Proses fermentasi ini terjadi didalam rumen yang dilakukan oleh mikroba rumen (Almi et al., 2024; Anam et al., 2024). Secara umum suplementasi tanin dan saponin tidak memberikan dampak nyata terhadap produksi gas pada proses fermentasi dalam rumen. Laju atau kecepatan produksi gas pada rumen umumnya semakin melambat seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Hal ini berkaitan dengan jumlah substrat (pakan) yang semakin menurun seiring bertambahnya

waktu fermentasi dalam rumen (Jayanegara et al. 2009; Rahayu et al., 2024; Hasanah et al., 2022; Haryuni et al., 2023). Produksi gas yang terbentuk selama fermentasi dalam rumen dapat digunakan sebagai indikator jumlah pakan yang didegradasi selama proses fermentasi. Proses fermentasi dalam rumen ini membentuk gas CO₂ sebesar 56%; gas metan (CH₄) sebesar 32%; N₂ sebesar 8,2% dan O₂ sebesar 3,5% (Fisroni, 2005).

Mikroba Rumen

Populasi bakteri dan protozoa dari fermentasi rumen mengalami penurunan dengan adanya suplementasi ekstrak tanin dan saponin. Suplementasi ini menurunkan populasi protozoa sebesar 2,23% (Yuliana, 2014; Ramadani & Haryuni, 2023). Pemberian ekstrak tanin pada ternak ruminansia berdampak pada terhambatnya mikroba metanogen. Tanin disini memiliki peran sebagai agen antimetanogenik yang bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan dari mikroba metanogen. Dampak negatif dari penggunaan tanin diantaranya adalah terjadinya produksi hidrogen pada rumen akibat penurunan kualitas pakan yang mengandung tanin (McSweeney et al., 2001; Haryuni, 2018; Ermawati et al., 2022; Fanani et al., 2023). Suplementasi ternak ruminansia menggunakan kombinasi dari ekstrak tanin dan saponin pada dosis lebih tinggi memberikan dampak yang lebih baik dibanding pemberian tanin dan saponin dalam bentuk single, hal ini berkaitan dengan pelepasan gula terlarut dan terdegradasinya saponin.

Suplementasi tanin dan saponin ini memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap penurunan populasi protozoa dalam rumen. Protozoa merupakan mikroba yang sensitif terhadap saponin karena membran sterolnya mengikat dengan saponin. Terjadinya defaunasi protozoa dengan pemberian ekstrak saponin dipengaruhi oleh kapasitas saponin untuk bagian kompleks yang tidak dapat dirubah dengan kolesterol pada sel membran protozoa yang menyebabkan merusak membran sel, lisis sel dan mati (Francis et al. 2002). Suplementasi tanin dan saponin mampu menurunkan populasi protozoa sebesar 7- 20%. Wina et al. (2006) melaporkan dalam penelitiannya saponin ekstrak daging buah lerak yang diberikan pada domba fistula secara signifikan menurunkan populasi protozoa pada percobaan jangka panjang.

Produksi Amonia

Kadar gas amonia diperoleh dari proses fermentasi protein dalam pakan. Protein pakan yang masuk ke dalam rumen berikutnya akan didegradasi melalui proses fermentasi menjadi amonia. Laju deaminasi pada proses fermentasi yang terjadi dalam rumen ini membutuhkan waktu sekitar 3 jam. Amonia (NH₃) hasil fermentasi ini selanjutnya akan dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroba rumen dan kemudian mikroba rumen akan mensintesis protein tubuh. Jumlah kadar amonia dalam

rumen ini dapat digunakan sebagai salah satu indikator dari laju degradasi protein pakan oleh mikroba rumen. Amonia merupakan sumber nitrogen utama bagi mikroorganisme rumen karena amonia yang dikeluarkan rumen sebagian digunakan oleh mikroorganisme untuk sintesis protein mikroba. Sekitar 3,5-14 mM amonia (NH_3) digunakan oleh mikroorganisme rumen sebagai sumber N untuk proses sintesis seluler. McDonald et al., (2002) melaporkan bahwa konsentrasi NH_3 yang optimal untuk mendukung sintesis protein mikroba dalam cairan rumen sangat bervariasi dari 6-21 mM.

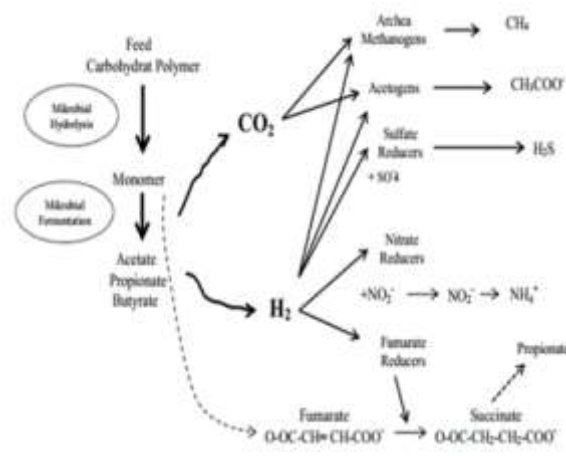
Suplementasi tanin dan saponin pada ternak ruminansia didapatkan produksi N-NH_3 berkisar 24,92-30,89 mM. Meski suplementasi tanin dan saponin pada ternak ruminansia menyebabkan penurunan populasi mikroba rumen sekitar 11,37-19,31%, namun tidak berpengaruh negatif terhadap produksi amonia. Hal ini disebabkan salah satunya karena adanya amonia tereduksi sebab tanin mampu menciptakan kompleks tanin-protein yang tidak mudah larut yang dapat dimanfaatkan untuk memperkecil dekomposisi dan menurunkan konsentrasi amonia (Thalib et al., 2015). Selain populasi mikroba, produksi amonia juga dipengaruhi oleh kandungan protein pakan. Kandungan karbohidrat dalam pakan juga berperan dalam menjaga populasi mikroba rumen sebagai sumber karbon dalam sintesis protein mikroba. Widyobroto et al. (2007) mengatakan bahwa ketersediaan NH_3 dan energi dari hasil fermentasi yang terjadi dalam rumen memiliki peran penting dalam menentukan jumlah sintesis protein mikroba.

Emisi Gas Metan

Gas metan merupakan gas yang terbentuk akibat proses fermentasi asam asetat yang terjadi di dalam rumen oleh mikroba rumen. Melalui proses metanogenesis CO_2 direduksi dengan H_2 menjadi CH_4 oleh bakteri metanogenik dan dikeluarkan melalui 83% erupsi, 16% respirasi dan 1% feces (Edi & Haryuni, 2023). Mikroba rumen yang berperan dalam proses pembentukan gas metana antara lain *Methanosarcina barkeri*, *Methanomicrobium mobile*, *Methanobrevibacter ruminantium*, *Methanobacterium formicicum*, *Methanobrevibacter*, *Methanosarcina mazei* dan lainnya (Haryuni, 2018; Zaman, Heng, & Müller, 2021). Berikut proses pembentukan gas metan.

Secara umum pakan dengan kandungan serat yang tinggi akan menghasilkan asam asetat dan metana yang lebih tinggi dibandingkan pakan konsentrat yang berasal dari biji-bijian (Nur et al., 2015). Metana yang dihasilkan oleh hewan ruminansia mencerminkan hilangnya energi dalam jumlah besar dan menunjukkan efisiensi pemberian pakan yang rendah (Widiawati et al., 2010). Pada proses metanogenesis energi yang hilang yang digunakan untuk menghasilkan metana dapat mencapai 15% dari total energi yang dicerna (Thalib et al., 2010).

Emisi gas metan yang dihasilkan ternak ruminansia dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis ternak, kandungan bahan organik dalam pakan, kandungan serat dalam pakan, nilai degradabilitas serat dalam rumen dan kondisi lingkungan rumen (Haryanto dan Thalib, 2009).



(Haryuni, 2018)

Hasil penelitian Yuliana (2014) produksi gas dalam rumen dengan penggunaan tanin dan saponin tersaji pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Rataan produksi gas dalam rumen

Produksi Gas	Proses Inkubasi	
	24 (Jam)	48 (Jam)
Total produksi gas (ml)	116,66	167,26
CH_4 (%)	22,97	21,75
Penurunan CH_4 (%)	12,68	13,62

(Sumber: Yuliana, 2014)

Populasi protozoa didalam rumen berbanding lurus dengan produksi gas metana. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan protozoa rumen menyebabkan penurunan produksi gas metana (Thalib 2008). Seperti halnya populasi bakteri metanogenik, suplementasi tanin dan saponin juga dapat mengurangi emisi metana. Kombinasi antara tanin dan saponin ini mengurangi emisi gas metan di dalam rumen dengan cara menghambat proses pertumbuhan protozoa sehingga populasi metanogenik yang merupakan agen penghasil gas metana dapat ditekan. Pengaruh penurunan populasi protozoa disebabkan oleh cara pemusnahan protozoa akibat adanya hubungan antara saponin dan sterol yang terdapat pada membran protozoa. Proses ini tidak terjadi pada bakteri karena membrannya tidak mengandung sterol (Francis et al. 2002).

Salah satu mekanisme dimana tanin dapat mengurangi emisi gas metana adalah melalui penghambatan langsung terhadap banyak bakteri metanogenik (Haryuni et al., 2015). Saat ini, mekanisme saponin mengurangi emisi metana adalah melalui penekanan populasi protozoa rumen. Peran saponin dalam menurunkan jumlah protozoa rumen berkaitan dengan kemampuannya berikatan dengan sterol yang terdapat pada membran sel protozoa dan menghasilkan

lisis sel protozoa (Beauchemin et al. 2008; Haryuni, 2018). Hilangnya protozoa dari rumen meningkatkan jumlah bakteri pendegradasi pati karena protozoa berukuran besar merupakan predator bakteri pendegradasi pati. Ketika populasi protozoa menurun, aktivitas bakteri pendegradasi pati dalam rumen meningkat, menghasilkan lebih banyak asam propionat dan lebih sedikit gas metana. Banyak bakteri metanogenik rumen yang hidup dan menempel pada permukaan dinding sel protozoa (Francis et al. 2002). Ketika populasi protozoa menurun, hilangnya habitat disertai dengan penurunan produksi metanogen dan metana.

Mekanisme untuk menghambat produksi gas metana pada ternak ruminansia yang digagas oleh Tavendale pada tahun 2015 diantaranya adalah melalui dua proses penghambatan yaitu menghambat pencernaan serat yang terdapat dalam pakan sehingga menurunkan produksi H₂ dan menghambat langsung pertumbuhan dan aktivitas bakteri metanogen. Fraksi dari senyawa polifenol yang secara signifikan dapat menurunkan emisi gas metana adalah fenol total (termasuk senyawa fenolik tanin dan non-tanin) dan tanin total (Jayanegara et al., 2008).

KESIMPULAN

Suplementasi ekstrak tanin dan saponin sebagai feed aditif pada ternak ruminansia mampu mengoptimalkan fermentasi yang terjadi pada rumen dan menekan emisi gas metan. Tingkat penurunan emisi gas metana pada pemberian kombinasi tanin dan saponin daripada pemberian secara tunggal menunjukkan bahwa kedua komponen memiliki potensi efek atau pengaruh dari kedua ekstrak senyawa tersebut keduanya dalam menurunkan konsentrasi gas metana tetapi perlu diuji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzalani, A., Muthalib, R. A., & Raguati, R. (2019, November). Penggunaan ekstrak condensed tannin dari tepung daun sengon (*Albizia falcata*) untuk mereduksi emisi gas metan fermentasi pakan di rumen in vitro. In Seminar Nasional Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Berbasis Sumber Daya Lokal (pp. 240-248).
- Akbar, M. A.R, Haryuni, N and Lestariningsih. 2024. Strategi pembuatan dan implementasi recording di industri peternakan. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Aldila, L., Haryuni, N., & Alam, Y. (2023). DAMPAK PERENDAMAN PADA AIR REBUSAN DAUN BIDARA (*ZIZIPHUS MAURITIANA*) TERHADAP KUALITAS INTRINSIK TELUR AYAM PADA PENYIMPANAN SUHU RUANG. *Journal of Science Nusantara*, 3(3), 106-113.
- Alfami, M. A., & Haryuni, N. (2024). Identification of Beef Farming in Dayu Village. *Bestindo of Animal Science*, 1(1), 27-34. <https://doi.org/10.0000/df9sat57>
- Almi, S.F., Lestariningsih and Haryuni, N. 2024. Managemen pemeliharaan kambing bunting. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Anam, M. K., & Haryuni, N. (2024). Potensi Rumput Pakchong sebagai Hijauan Pakan Kambing. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Beauchemin KA, M Kreuzer, F O'Mara, and TA McAlister. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: A review. *Aust. J. Exp. Agric.* 48:21-27.
- Bhatta R, Y Uyen, K Tajima, A Takenaka, Y Yabumoto, I Nonaka, O Enishi, and M. Kurihara. 2009. Difference in the nature of tannins on in vitro ruminal methane and volatile fatty acid production and on methanogenic archaea and protozoal populations. *J. Dairy Sci.* 92:5512-5522.
- Cottle, D.J., J.V. Nolan and S.G. Wiedemann. 2011. Ruminant enteric methane mitigation: a review. *Anim. Prod. Sci.* 51:491-514.
- Edi, D. N., & Haryuni, N. (2023). Bahan Pakan Ternak Sumber Serat. AE Publishing
- EDI, D. N., & HARYUNI, N. (2023). Estimation of Greenhouse Gas Emission Burden of Livestock Sector in East Java Province, Indonesia: Estimasi Beban Emisi Gas Rumah Kaca dari Sektor Peternakan di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 157-165. <https://doi.org/https://doi.org/10.55981/jtl.2023.1004>
- Fajar, M. S. R., & Haryuni, N. (2024). Rahasia pembuatan silase pakan ternak anti gagal. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H. P., & Becker, K. (2002). The biological action of saponins in animal systems: a review. *British journal of Nutrition*, 88(6), 587-605.
- Goel, G., Puniya, A.K., Aguilar, C.N., Singh, K., 2005. Interaction of gut microflora with tannins in feeds. *Naturwissenschaften* 92, 497–503.
- Haryanto, B and A. Thalib. 2009. Emisi Metana Dari Fermentasi Enterik: Kontribusinya Secara Nasional Dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya Pada Ternak. *Jurnal Wartazoa* Vol. 19 No. 4: 157-165.
- Haryanto, B and A. Thalib. 2009. Emisi Metana dari Fermentasi Enterik: Kontribusinya secara Nasional

- dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya pada Ternak. *Jurnal Wartazoa* Vol. 19 No. 4: 157-165.
- Haryuni, N. (2014). Efek Penambahan Jus Daun Sirih (*Piper Bettle Linn*) Sebagai Aditif Pakan Terhadap Sifat Antibakteri Dan Performans Ayam Petelur (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Haryuni, N., & Muanam, M. K. (2023). Potret BUMDES Sido Makmur Sejahtera. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Haryuni, N., Anam, M. K., Mitra, I. K., Yaqin, M. A., Yeiputa, G. C., Lestari, I. D., ... & Ma'mun, M. B. (2023). Strategi Cerdas Pemeliharaan Ayam Petelur. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Haryuni, N., Arif Tribudi, Y., Hasanah, N., & Angga Prastya, R. (2024). Improving the productivity of Joper chickens with fermented soy milk waste (SMW). *BIO Web of Conferences*, 88, 00043. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248800043>
- Haryuni, N., Khopsoh, B., Hasanah, N & Sikone, H.Y. (2024). Potensi soy milk waste untuk optimalisasi reproduksi pejantan ayam buras. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Haryuni, N. (2018). Analisis Kinerja Finansial Kenaikan Harga Dedak Padi Terhadap Tingkat Pendapatan Peternak Ayam Petelur Di Kabupaten Blitar Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Fillia Cendekia*, 3(1), 10-15.
- Haryuni, N. (2018). Methane Mitigation Technology In Ruminants To Reduce The Negative Impacts Of Global Warming. *Journal Of Development Research*, 2(2), 55-58.
- Haryuni, N., Khopsoh, B., Izzudin, A., Saifudin, A., & Wafa, K. (2022). Peningkatan Motivasi Kuliah Peternakan Santri Milenial di Pondok Pesantren Apis dan Nabawi Kabupaten Blitar. *Jurnal Maslahat*, 3(1).
- Haryuni, N., Maeladi, F., Nawir, Z., & Hakim, I. T. (2023). Pembuatan Pupuk Organik Cair. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Haryuni, N., Muklisin, A., Tandawa, W. P., Hakim, R. N., Za'im Muzaky, M., Rosikhin, M., ... & Setiawan, J. (2023). Fermentasi hijauan pakan ternak. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Haryuni, N., Musyafa, M. K., Baichuni, I., Asykur, L. A. G., Bimantarta, B., Ni'mah, N., ... & Assodiqi, M. S. H. (2023). Pembuatan dan Pemanfaatan Pupuk Kompos. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Haryuni, N., Pt, S., Pt, M., Lestariningsih, S. P., & Pt, Y. A. T. S. (2022). Pemanfaatan Soy Milk Waste sebagai Bahan Pakan Unggas. CV. Haura Utama.
- Haryuni, N., Widodo, E., & Sudjarwo, E. (2015). Aktivitas antibakteri jus daun sirih (*Piper bettle linn*) terhadap bakteri patogen dan kualitas telur selama penyimpanan. *TERNAK TROPIKA Journal of Tropical Animal Production*, 16(1), 48-54.
- Haryuni, N., Widodo, E., & Sudjarwo, E. (2017). Efek Penambahan Jus dan Daun Sirih (*Piper bettle linn*) Sebagai Aditif Pakan Terhadap Peforma Ayam Petelur. *Sumber*, 4(04), 13-16.
- Hasanah, N. ., Pradana, E. A., Kustiawan, E., Nurkholis, N., & Haryuni, N. . (2022). Pengaruh imbalanced dedak padi dan polard sebagai aditif terhadap kualitas fisik silase rumput odot. *Conference of Applied Animal Science Proceeding Series*, 3, 157–161. <https://doi.org/10.25047/animpro.2022.351>
- Herdian, H. E. N. D. R. A., Istiqomah, L., Febrisiantosa, A., & Setiabudi, D. (2011). Pengaruh penambahan daun morinda citrifolia sebagai sumber saponin terhadap karakteristik fermentasi, defaunasi protozoa, produksi gas dan metana cairan rumen secara in vitro. *Jitv*, 16(2), 88-104.
- Jayanegara A. 2008. Reducing methane emissions from livestock: nutritional approaches. In : *Proceedings of Indonesian Students Scientific Meeting (ISSM)*, Institute for Science and Technology Studies (ISTECS) European Chapter, 13-15 May 2008, Delft, the Netherlands: 18-21.
- Jayanegara, A., Makkar, H. P., & Becker, K. (2009). Emisi metana dan fermentasi rumen in vitro ransum hay yang mengandung tanin murni pada konsentrasi rendah. *Media Peternakan*, 32(3).
- McDonald, P., R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh. 2002. *Animal Nutrition*. 6th Edition. Longman, London, UK
- McSweeney, C., B. Palmer, R. Bunch and D. Krause. 2001. Effect of the tropical forage calliandra on microbial protein synthesis and ecology in the rumen. *J. Appl. Microbiol.* 90:78-88.
- Mitra, I. K., Haryuni, N., & Hasanah, N. (2024). Bisnis Pakan Hijauan untuk Sapi Perah di Daerah Tropis. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Muhsin, M. ., & Haryuni, N. (2024). Identification of Slaughter Goat Farming in Dayu Village, Nglegok District, Blitar District. *Bestindo of Animal Science* , 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.0000/fhh9yy58>
- Nahroni, A. T., Haryuni, N., & Alam, Y. (2023). PENGARUH WAKTU SANGRAI TERHADAP KADAR AIR, KONSENTRASI AFLATOKSIN DAN KUALITAS FISIK JAGUNG UNTUK

- PAKAN TERNAK. *Journal of Science Nusantara*, 3(3), 91-97.
- Nur, K., A. Atabani., Muladno and A. Jayanegara. 2015. Produksi Gas Metan Ruminansia Sapi Perah dengan Pakan Berbeda serta Pengaruhnya terhadap Produksi dan Kualitas Susu. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan* Vol. 03 No. 2 : 65-71.
- Nurlaila, S., Kurnadi, B., Zali, M., & Nining, H. (2019). Status reproduksi dan potensi sapi Sonok di Kabupaten Pamekasan. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 6(3), 147-154.
- Patra, A.K. and J. Saxena. 2009. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Anton. Leeuwen*. 96:363-375
- Rahayu, P., & Haryuni, N. (2024). Manajemen Pemeliharaan Kambing Jantan. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Ramadani, A., & Haryuni, N. (2023). Use of Local Feed Ingredients as an Alternative to Support Productivity of Native Chickens. *JURNAL PETERNAKAN (JURNAL OF ANIMAL SCIENCE)*, 8(1), 1–6.
- Rozaqi, M. R., Haryuni, N., & Alam, Y. (2023). PENGARUH SUHU PEMANASAN METODE SANGRAI TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS FISIK DAN PENURUNAN KONSENTRASI AFLATOKSIN PADA JAGUNG. *Journal of Science Nusantara*, 3(3), 114-121.
- Sarah, Susilawati, H. L., & Pramono, A. (2021). Quantifying the potency of greenhouse gas emission from manure management through anaerobic digester in Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 648(1), 012111. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012111>
- Sikone, H.Y., Haryuni, N & Dos Santos, E.P. (2024). Kapita Selekta Sistem Produksi Ternak di Nusa Tenggara Timur. PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Tavendale, M. H., L. P. Meagher, D. Pacheco, N. Walker, G. T. Attwood & S. Sivakumaran. 2005. Methane production from in vitro rummen incubation with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methano genesis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123/124: 403-419.
- Thalib A. 2008. Buah lerak mengurangi emisi gas metan pada hewan ruminansia. Balai Penelitian Ternak. Ciawi, Bogor
- Thalib, A., Y. Widiawati and B. Haryanto. 2015. Penggunaan Complete Rumen Modifie (CRM) pada Ternak Domba yang Diberi Hijauan Pakan Berserat Tinggi. *Academic Journlas* Vol. 14 No. 16 : 1427-1438.
- Widiawati. Y., M.Winugroho and P. Mahyuddin. Estimasi Produksi Gas Metana Dari Rumput Dan Tanaman Leguminosa Yang Diukur Secara In Vitro. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2010.
- Wurandani, Y. M., Haryuni, N., & Alam, Y. (2023). PENGARUH LEVEL AIR REBUSAN DAUN KELOR (*MORINGA OLIEFERA*) TERHADAP KUALITAS INTRINSIK TELUR AYAM SELAMA PENYIMPANAN DI SUHU RUANG. *Journal of Science Nusantara*, 3(3), 98-105.
- Yuliana, P. (2014). Ekstraksi Senyawa Tanin Dan Saponin Dari Tanaman Serta Efeknya Terhadap Fermentasi Rumen Dan Metanogenesis In Vitro.
- Zaman, M., Heng, L., & Müller, C. (2021). Measuring Emission of Agricultural Greenhouse Gases and Developing Mitigation Options using Nuclear and Related Techniques. In M. Zaman, L. Heng, & C. Müller (Eds.), *Measuring Emission of Agricultural Greenhouse Gases and Developing Mitigation Options using Nuclear and Related Techniques*. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55396-8>.