

POPULASI BAKTERI, PROTOZOA DAN PRODUKSI GAS METANA IN VITRO DALAM RANSUM KAMBING YANG DIBERI LIMBAH KULIT NANAS

Bacterial Population, Protozoa and Methane Gas Productin In Vitro in Goat Rations Fed with Pineapple Peel Waste

Alya Nur Ismayanti¹, Iin Susilawati^{2,a}, dan U. Hidayat Tanuwiria²

¹Program Sarjana Ilmu Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Jawa Barat, Indonesia

²Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor, Sumedang 45363

ABSTRAK

KORESPONDENSI

Iin Susilawati Fakultas
Departemen Ilmu Nutrisi dan
Teknologi Pakan, Fakultas
Peternakan, Universitas
Padjadjaran

email :
iin.susilawati@unpad.ac.id

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh limbah kulit nanas (*Ananas comosus*) dalam ransum kambing terhadap populasi bakteri, populasi protozoa dan produksi gas metan. Penelitian ini dirancang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 6 ulangan sehingga diperoleh 30 unit percobaan. Perlakuan terdiri dari R0 (40% konsentrat + 60% rumput), R1 (40% konsentrat + 50% rumput + 10% kulit nanas), R2 (40% konsentrat + 40% rumput + 20% kulit nanas), R3 (40% konsentrat + 30% rumput + 30% kulit nanas) dan R4 (40% konsentrat + 20% rumput + 40% kulit nanas). Parameter yang diamati adalah populasi bakteri, protozoa dan produksi gas metana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kulit nanas dalam ransum kambing sampai taraf 40% memberikan pengaruh terhadap penurunan populasi bakteri dan meningkatkan populasi protozoa tetapi tidak berpengaruh terhadap produksi gas metana.

Kata Kunci: limbah kulit nanas, bakteri, protozoa, gas metana, in vitro

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of pineapple peel waste (Ananas comosus) in goat rations on bacterial population, protozoa population and methane gas production. This study was designed using a completely randomized design (CRD) with 5 treatments and 6 replicates so that 30 experimental units were obtained. The treatments consisted of R0 (40% concentrate + 60% grass), R1 (40% concentrate + 50% grass + 10% pineapple peel), R2 (40% concentrate + 40% grass + 20% pineapple peel), R3 (40% concentrate + 30% grass + 30% pineapple peel) and R4 (40% concentrate + 20% grass + 40% pineapple peel). The parameters observed were bacterial population, protozoa and methane gas production. The results showed that the addition of pineapple peel in goat rations up to 40% level had an effect on reducing bacterial populations and increasing protozoa populations but had no effect on methane gas production.

Keywords: *pineapple peel waste, bacteria, protozoa, methane gas, in vitro*

PENDAHULUAN

Tanaman nanas (*Ananas comosus* L.) berasal dari family Bromeliaceae yang berasal dari daerah tropis dengan varietas utama yang banyak dibudidayakan adalah Cayenne, Sugarloaf, Spanish, Queen, Pernambuco dan Perolera. Produksi nanas dunia pada tahun 2021 mencapai 28,179,348 tons (Kiatti et al., 2021). Produksi nanas di Indonesia menempati urutan tertinggi kedua setelah pisang. Menurut data BPS (2022) pada tahun 2021 Indonesia memproduksi nanas sebanyak 2.886,471 ton. Jawa Barat menempati posisi kedua dengan rata-rata produksi 236,647,6 ton per tahun (Putri et al., 2024). Limbah buah nanas, terutama kulit akan dibuang dalam jumlah besar oleh perusahaan pengolahan makanan di tempat sampah. Kulit nanas tinggi kadar air dan gula sehingga jika tidak ditangani dengan baik akan mudah busuk sehingga akan mencemari lingkungan. Limbah kulit yang dihasilkan oleh buah nanas mencapai 34,61% dari beratnya (Syauqi dan Inasari, 2020). Pada industri pengalengan nanas, limbah kulit nanas yang dihasilkan mencapai 56% (Oktaviani et al., 2016).

Limbah kulit nanas mempunyai potensi yang bagus dijadikan pakan ruminansia. Pemanfaatan kulit nanas

sebagai pakan alternatif ruminansia sudah dipraktikkan oleh perusahaan penggempukan sapi di daerah Lampung. Pemanfaatan kulit nanas menjadi pakan alternatif ruminansia juga dilakukan di daerah Subang sebagai pakan alteranatif untuk domba.

Kandungan karbohidrat dan gula yang terkandung dalam kulit nanas cukup tinggi mencapai 73,30% (Mala et al., 2024) sehingga kulit nanas menjadi pakan sumber energi bagi ruminansia. Kulit buah tropis seperti nanas mempunyai potensi untuk ditambahkan ke dalam pakan ruminansia dengan tujuan untuk meningkatkan fermentasi rumen dan mengurangi gas metana (Wanapat et al., 2021). Kulit nanas mengandung nutrisi yang cukup baik. Kulit nanas mengandung lemak kasar 5,01%, protein kasar 2,96%, serat kasar 20,67%, abu 4,462%, bahan kering 81,41%, bahan organik 95,54%, Acid Detergent Fiber (ADF) 23,04% dan Neutral Detergent Fiber (NDF) 44,691 (Bulkaini, 2022).

Limbah kulit nanas kaya dengan senyawa bioaktif, antioksidan dan bromelin. Kandungan bioaktif dalam kulit nanas berfungsi sebagai antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba. Kulit nanas mengandung fenolik, asam ferulat, vitamin A dan C sebagai antioksidan. Kandungan fenolik dalam kulit nanas sebesar 0,9 –

1,2% (Saraswaty et al., 2017). Kulit nanas mengandung 38,95 mg/100 g antioksidan dengan kandungan bioaktif dari vitamin C 24,40 mg/100 g, beta karotin 59,98 ppm, flavonoid 3,47% dan saponin 5.29% (Rivera et al., 2023). Kulit nanas juga mengandung tanin yang berfungsi sebagai bioaktif namun kandungan tanin dalam kulit nanas cukup rendah. Kandungan tanin dalam kulit nanas bervariasi bergantung pada varietasnya. Kulit nanas mengandung tanin sebesar 1,38 mg/100 g atau sekitar 0,00138% (Bakri et al., 2020) sedangkan dalam penelitian lain disebutkan kulit nanas mengandung tanin sebesar 5,02 mg/100g atau 0,00502% (Ukanwoko & Nwachukwu, 2017).

Bakteri merupakan mikroorganisme utama yang mendominasi rumen, sekitar 50% bakteri hidup dalam cairan rumen dan 30-40% lainnya melekat pada partikel pakan. Bakteri berperan penting dalam fermentasi serat dan polimer yang berasal dari tanaman. Jumlah populasi bakteri dalam rumen berkisar antara 10¹⁰ hingga 10¹² bakteri per gram isi rumen (Melzana et al., 2020). Kulit nanas yang mengandung saponin dapat mempengaruhi komposisi dan jumlah spesies bakteri rumen melalui penghambatan spesifik atau peningkatan selektif pertumbuhan spesies individu (Wanapat et al., 2024).

Protozoa adalah mikroorganisme di dalam rumen yang jumlahnya sedikit dibandingkan bakteri. Populasi protozoa bervariasi tergantung dari jenis pakan, jenis protozoa dan umur ternak inangnya. Secara umum, jumlah protozoa bersilia mencapai 10⁵ per ml pada pakan dengan serat kasar tinggi, namun dapat meningkatkan menjadi 10⁶ per ml pada rumen yang menyesuaikan dengan pakan yang banyak mengandung gula-gula terlarut. Sifat protozoa yaitu anaerob sehingga tidak mampu bertahan jika kadar oksigen atau pH rumen terlalu tinggi. Jika protozoa dalam kondisi tersebut, protozoa tidak dapat menghasilkan cyste untuk melindungi diri dari kondisi lingkungan yang tidak sesuai, sehingga mereka akan segera mati

(Yanuatonono et al., 2019). Saponin sebagai salah satu komponen bioaktif dapat mengurangi populasi protozoa dan beberapa metanogen yang terkait dengan protozoa meskipun efeknya pada metanogen tidak selalu berkorelasi dengan efek pada kelompok protozoa.

Proses fermentasi makromolekul yang menghasilkan gas CH₄ berlangsung melalui reduksi CO₂ menggunakan gas hidrogen yang dikatalisis oleh enzim yang dihasilkan oleh bakteri metanogen disebut sebagai proses metanogenesis. Ruminansia memproduksi gas metana (CH₄) sebagai hasil fermentasi pakan oleh mikroba rumen yang berkontribusi sekitar 6% dari keseluruhan gas rumah kaca antropogenik dengan 40% dari emisii tersebut berasal dari sektor peternakan (Beauchemin et al., 2020). Penggunaan kulit nanas dalam ransum berpotensi mengurangi produksi gas metan. Ransum yang diberi kulit buah tropis berpotensi untuk meningkatkan fermentasi rumen dan mengurangi produksi metana (Totakul et al., 2024). Kulit buah tropis kaya dengan senyawa bioaktif yang berdampak terhadap ekologi rumen, populasi protozoa dan aktivitas antibakteri. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menilai dampak penggunaan limbah kulit nanas dalam ransum kambing terhadap jumlah bakteri, protozoa, dan produksi gas metana secara in vitro.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus-Desember 2024 yang bertempat di Laboratorium Nutrisi dan Kimia Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 5 perlakuan dan 6 ulangan sehingga diperoleh 30 unit percobaan. Perlakuan tersebut terdiri atas:
R0 = 40% konsentrat + 60% rumput

R1 = 40% konsentrat + 50% rumput + 10% kulit nanas
 R2 = 40% konsentrat + 40% rumput + 20% kulit nanas
 R3 = 40% konsentrat + 30% rumput + 30% kulit nanas
 R4 = 40% konsentrat + 20% rumput + 40% kulit nanas

Ransum Penelitian

Ransum yang digunakan pada penelitian ini disusun berdasarkan aplikasi *winfeed* yang terdiri dari campuran konsentrat, rumput dan limbah kulit nanas yang disesuaikan dengan perlakuan. Kandungan nutrisi ransum seperti yang ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Formula Pakan setiap Perlakuan (%BK)

Kandungan Nutrisi	Perlakuan				
	R0	R1	R2	R3	R4
	-----%				
Abu	12,44	11,80	10,66	9,53	8,39
Protein Kasar	14,74	13,93	13,12	12,31	11,50
Serat Kasar	21,02	19,71	18,39	17,08	15,76
Lemak Kasar	2,69	2,68	2,67	2,66	2,65
BETN	41,14	44,42	47,70	50,98	54,27

Sumber: Kandungan nutrisi pakan setiap perlakuan berdasarkan formulasi *winfeed*

Prosedur Penelitian

Populasi Bakteri

Populasi bakteri dihitung menggunakan kamar hitung (Haemocytometer, Marienfeld-Improved) di bawah mikroskop cahaya (Yazumi Binocular) dengan perbesaran 40 x 10 menggunakan setetes campuran cairan rumen buffer (20 μ L) dan larutan hayem (6980 μ L). Bakteri dihitung dengan volume yang ditentukan sebanyak 10 μ L.

Populasi Protozoa

Populasi protozoa dihitung di bawah mikroskop cahaya (Yazumi Binocular) menggunakan setetes campuran cairan rumen buffer (1 mL) dan formalin 4% (6 mL). Protozoa dihitung dengan volume yang ditentukan: 10 μ L untuk Entodiniomorphida dan 100 μ L untuk Holotricha serta Diplodinium sesuai dengan prosedur dari Michalowski et al (1986). Pada perhitungan jumlah protozoa menggunakan metode Michalowski et al (1986). Protozoa dihitung dengan volume yang ditentukan yaitu 10 μ L untuk Entodiniomorphida perbesaran mikroskop 10 dengan magnifikasi 160/0.17, 100 μ L untuk Diplodinium perbesaran mikroskop

10 dengan magnifikasi 160/0.17 dan 100 μ L untuk Holotricha dengan perbesaran mikroskop 5 dengan magnifikasi 160/0.17.

Pengukuran Gas Metan

Gas yang terkumpul di dalam botol vial vakum dipindahkan ke dalam vacutainer kemudian diambil 10 mL gas hasil fermentasi yang tersimpan di dalam botol vial vakum dengan menggunakan syringe 10 mL. Gas tersebut dimasukkan ke dalam vacutainer 10 mL yang sudah diberi label sesuai perlakuan dan tutup bekas tusukan menggunakan kuteks. Selanjutnya diukur konsentrasi gas metan menggunakan alat Gas Chromatography (GC).

Pengolahan Data

Data yang diperoleh diuji dengan sidik ragam (analysis of variance/Anova/Uji sidik ragam dan Duncan. Variabel yang diamati dalam penelitian ini mencakup populasi bakteri, protozoa dan produksi gas metana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai pengaruh pemanfaatan limbah kulit nanas dalam

ransum kambing terhadap populasi bakteri, protozoa dan produksi gas metan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Perlakuan terhadap Populasi Bakteri, Protozoa dan Produksi Gas metan

Parameter	Perlakuan				
	R0	R1	R2	R3	R4
Bakteri (10^8 sel/mL)	8,17 ^b	9,38 ^c	9,03 ^c	7,22 ^a	7,95 ^b
Protozoa (10^6 sel/mL)	7,5 ^a	8,6 ^b	8,8 ^b	9,8 ^c	9,06 ^{bc}
Gas Metan (ppm)	1625,28 ^a	2304,63 ^a	3369,51 ^a	3444,38 ^a	3638,83 ^a

Keterangan:

Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

R0 = 40% konsentrat + 60% rumput

R1 = 40% konsentrat + 50% rumput + 10% kulit nanas

R2 = 40% konsentrat + 40% rumput + 20% kulit nanas

R3 = 40% konsentrat + 30% rumput + 30% kulit nanas

R4 = 40% konsentrat + 20% rumput + 40% kulit nanas

Populasi Bakteri

Berdasarkan uji ANOVA pengaruh pemberian kulit nanas dalam ransum kambing berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap populasi bakteri. Demikian pula hasil uji Duncan menunjukkan bahwa populasi bakteri antar perlakuan berbeda nyata ($P < 0,05$). Populasi bakteri terendah terdapat pada perlakuan R3 yaitu $7,22 \times 10^8$ sel/mL. Dari hasil penelitian diperoleh hasil semakin meningkatnya pemberian kulit nanas dalam ransum menurunkan populasi bakteri. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Widiawati (2009) peningkatan level limbah nanas dalam pakan nyata menurunkan populasi bakteri dalam cairan rumen. Penurunan populasi bakteri juga dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dalam ransum. Berdasarkan (Tabel 1) semakin meningkatnya level penggunaan kulit nanas kandungan protein dalam ransum menurun. Hal ini karena ketersediaan ammonia menurun dan menjadi salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya perkembangan bakteri rumen. Dari hasil penelitian perlakuan R1 dengan penambahan 10% kulit nanas dalam ransum memberikan populasi bakteri tertinggi dengan rata-rata $9,38 \times 10^8$ sel/mL. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Evvyernie et al.,

(2018) penambahan 15% kulit nanas dalam campuran ransum yang diberikan jus mengkudu sebanyak 15% memberikan populasi bakteri tertinggi yaitu $9,06 \times 10^6$ sel/mL. Itu artinya semakin rendah penggunaan kulit nanas dalam ransum maka populasi bakteri akan semakin tinggi karena ketersediaan ammonia cukup untuk pertumbuhan bakteri rumen.

Penurunan populasi bakteri seiring dengan meningkatnya limbah kulit nanas dalam ransum terjadi karena berkurangnya ketersediaan ammonia yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri. Sebagian besar bakteri rumen memanfaatkan ammonia sebagai sumber N untuk berkembang. Sekitar 80% N dalam sel mikroba berasal dari ammonia (Yanuartono et al., 2017). Bakteri rumen secara efisien menggunakan ammonia untuk mendukung pertumbuhannya, namun kadar ammonia yang rendah dapat membatasi perkembangan populasinya. Dalam penelitian ini, populasi bakteri sekitar $7,22 \times 10^8$ sampai $9,38 \times 10^8$ sel/mL. Jumlah tersebut masih dalam kisaran normal populasi bakteri rumen yaitu 107-1010 sel/mL (Lopez dan Ordenez, 2019).

Populasi Protozoa

Berdasarkan uji ANOVA pengaruh pemanfaatan kulit nanas dalam ransum kambing berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap populasi protozoa. Hasil uji Duncan juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan ($P<0,05$) terhadap populasi protozoa di antara perlakuan yang diberikan. Perlakuan R3 mempunyai rata-rata populasi protozoa tertinggi yaitu $9,8 \times 10^6$ sel/mL. Hasil penelitian menunjukkan populasi setiap perlakuan antara $7,5 \times 10^6$ sel/mL sampai $9,8 \times 10^6$ sel/mL. Secara keseluruhan, populasi protozoa dalam penelitian ini berada dalam rentang yang dianggap normal. Peningkatan kulit nanas dalam ransum kambing menyebabkan peningkatan populasi protozoa. Pati dan gula merupakan substrat utama untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan protozoa. Kulit nanas mempunyai kandungan karbohidrat yang cukup tinggi, termasuk gula di dalamnya mencapai 73,30% (Mala et al., 2024). Populasi protozoa sangat dipengaruhi oleh jenis ransum yang dikonsumsi inangnya. Protozoa cenderung berkembang lebih cepat pada ransum yang banyak mengandung pati dan gula sederhana, dalam analisis proksimat pati dan gula-gula sederhana termasuk ke dalam komponen Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN) (Bahri et al., 2016). Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN) adalah jenis karbohidrat yang mempunyai tingkat pencernaan tinggi dan mengandung gula serta pati yang merupakan zat penting bagi kebutuhan protozoa. Dari hasil formulasi ransum, BETN mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya level pemberian kulit nanas dalam ransum sedangkan jumlah serat dalam ransum mengalami penurunan, hal ini menyebabkan protozoa berkembang biak secara optimal. Protozoa berperan dalam menjaga kestabilan pH rumen. Protozoa secara cepat memanfaatkan karbohidrat yang mudah difermentasi untuk mendukung kelangsungan hidupnya. Proses ini berperan dalam memperlambat

pembentukan asam laktat dari karbohidrat fermentabel oleh bakteri, sehingga keseimbangan pH rumen tetap terjaga.

Produksi Gas Metana

Berdasarkan uji ANOVA pengaruh pemanfaatan kulit nanas dalam ransum kambing tidak memberikan pengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap produksi gas metana. Demikian pula hasil uji Duncan menunjukkan bahwa produksi gas metana setiap perlakuan tidak berbeda nyata ($P>0,05$). Gas metana yang dihasilkan oleh ruminansia berasal dari proses fermentasi pakan dalam rumen yang menyumbang sekitar 5% hingga 7% dari gross energi pakan (Harahap et al., 2020). Produksi gas metana berhubungan dengan populasi protozoa. Protozoa memiliki hubungan positif dengan produksi CH_4 karena berperan dalam menghasilkan H_2 yang kemudian diubah menjadi CH_4 oleh metanogen (Besharati et al., 2022). Protozoa rumen hidup bersimbiosis dengan metanogen dan menyumbang hampir separuh dari total biomassa dalam rumen, walaupun protozoa bersimbiosis dengan metanogen (bakteri penghasil metana), namun metanogen dapat hidup tanpa bergantung dengan protozoa. Maka dari itu, peningkatan protozoa tidak otomatis menghasilkan perubahan signifikan pada produksi gas metana. Hal ini juga disebabkan karena protozoa yang dominan lebih berperan dalam fermentasi karbohidrat atau protein dibandingkan menghasilkan hidrogen yang merupakan substrat utama bagi metanogen. Tanin yang terkandung dalam kulit nanas mampu menghambat aktivitas metanogen baik secara langsung ataupun tidak langsung dengan mengurangi ketersediaan hidrogen (H_2) sebagai bahan penghasil metana.

KESIMPULAN

Pemberian limbah kulit nanas dalam ransum kambing sampai taraf 40% memberikan pengaruh terhadap penurunan

populasi bakteri dan meningkatkan populasi protozoa tetapi tidak berpengaruh terhadap produksi gas metana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Padjadjaran yang telah memberikan dana bantuan penelitian melalui program Academic Leadership Grant (ALG) tahun 2024 yang diketuai oleh Prof. Dr. Ir. Ujang Hidayat Tanuwiria, M.Si., IPU

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., Tanuwira, H., & Budiman, A. (2016). Pengaruh substitusi konsentrat oleh hay daun kaliandra dan umbi singkong pada ransum berbasis rumput gajah dan silase biomassa jagung terhadap populasi bakteri dan protozoa cairan rumen sapi perah (In Vitro). *Jurnal Universitas Padjadjaran*
- Bakri, N. F. M., Ishak, Z., Jusoh, A. Z., & Hadijah, H. (2020). Quantification of Nutritional Composition and Some Antinutrient Factors of Banana Peels and Pineapple Skins. *Asian Food Sci. J*, 1-10. <https://doi.org/10.9734/afsj/2020/v18i430222>
- Beauchemin, K. A., Ungerfeld, E. M., Eckard, R. J., & Wang, M. (2020). Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal*, 14(S1), s2-s16. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003100>
- Besharati, M., A. Maggiolino, V. Palangi, A. Kaya, M. Jabbar, H. Eseceli, P. De Palo, J. M. Lorenzo. 2022. Tannin in ruminant nutrition: Review. *Molecules*, 27: 8273. <https://doi.org/10.3390/molecules27238273>
- Bulkaini, B. (2022). Production Performance and Carcass Quality of Male Bali Cattle by Feeding Fermented Pineapple Peel. *AJARCADE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 6(2), 29-34. <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v6i2.96>
- Evvyernie, D., Tjakradidjaja, A. S., Permana, I. G., Toharmat, T., & Insani, A. (2018). In vitro study of noni juice extract waste (*Morinda citrifolia* L.) and pineapple industrial wastes (*Ananas comosus* L. Merr) as energy supplement in dairy goat ration. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 119 (1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/119/1/012017>
- Harahap, R. P., Jayanegara, A., Nahrowi, N., Suharti, S., & Lestari, R. B. Emisi metan dan fermentasi rumen in vitro dari ransum yang ditambahkan kitosan asal kulit udang. *Livestock and Animal Research*, 18(2), 142-150. <https://doi.org/10.20961/lar.v18i2.42936>
- Kiatti, D. D., Vastolo, A., Koura, B. I., Vitaglione, P., Cutrignelli, M. I., & Calabrò, 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>
- López Franco, R., Álvarez Aldana, A., León Rodríguez, D. A., Taylor Orozco, V. M., Guiral Guiral, D., Ríos Cifuentes, S., & Vergara Acevedo, S. (2020). La investigación con *Streptomyces* spp. como herramienta para el estudio de los microorganismos del suelo.
- Mala, T., Piayura, S., & Itthivadhanapong, P. (2024). Characterization of dried pineapple (*Ananas comosus* L.) peel

- powder and its application as a novel functional food ingredient in cracker product. *Future Foods*, 9, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100322>
- Melzana, I., Safika, S., Darmawi, D., Erina, E., Fakhrurrazi, F., & Azhar, A. (2020). 12. Isolate Of Bacteriua Cellulase Enzyme Production In The Rumen Of Aceh Cattle Base On Analysis Homology 16S rRNA. *Jurnal Medika Veterinaria*, 14(2). <https://doi.org/10.21157/j.med.vet.v14i2.3415>
- Nanda Putri, D. D., Pambudy, R., & Dewi, T. G. (2024). Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas nanas di kabupaten subang. In *Agribusiness Forum/Forum Agribisnis*, 14(1). <https://doi.org/10.29244/fagb.14.1.84-98>
- Ristiana Oktaviani, K. R., & Suhartatik, N. (2016). Pemanfaatan limbah nanas pada pembuatan kecap ikan lele (*Clarias sp*) dengan variasi lama fermentasi. *JITIPARI (Jurnal Ilmiah Teknologi dan Industri Pangan UNISRI)*, 1(2).
- Rivera, A. M. P., Toro, C. R., Londoño, L., Bolivar, G., Ascacio, J. A., & Aguilar, C. N. (2023). Bioprocessing of pineapple waste biomass for sustainable production of bioactive compounds with high antioxidant activity. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(1), 586-606. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01627-4>
- Saraswaty, V., Risdian, C., Primadona, I., Andriyani, R., Andayani, D. G. S., & Mozef, T. (2017). Pineapple peel wastes as a potential source of antioxidant compounds. In *IOP conference series: earth and environmental science*, 60 (1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/60/1/012013>
- Syauqi, A. & Inasari, S.S (2020). Pemanfaatan limbah kulit nanas (*Ananas comosus* L.) menjadi bioetanol dengan penambahan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) yang berbeda. *Buletin Loupe*, 16(02), 67-73. <https://doi.org/10.51967/buletinloupe.v16i02.256>
- Totakul, P., Matra, M., Sommai, S., Viennasay, B., & Wanapat, M. (2024). Combination effects of phytonutrient pellet and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) powder on rumen fermentation efficiency and nutrient degradability using in vitro technique. *Tropical Animal Health and Production*, 56(2), 97. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-03936-w>
- Ukanwoko, A. I., & Nwachukwu, J. (2017). Nutrient and anti-nutritional composition of crop residues and kitchen wastes fed to small ruminants in Choba, Port Harcourt. *Greener J Agric Sci*, 7(2), 054-059. <https://doi.org/10.15580/GJAS.2017.2.032317044>
- Wanapat, M., Suriyapha, C., Dagaew, G., Prachumchai, R., Phupaboon, S., Sommai, S., & Matra, M. (2024). The recycling of tropical fruit peel waste-products applied in feed additive for ruminants: food manufacturing industries, phytonutrient properties, mechanisms, and future applications. *Journal of Agriculture and Food Research*, 101234. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101234>
- Wanapat, M., Viennasay, B., Matra, M., Totakul, P., Phesatcha, B., Ampapon, T., & Wanapat, S. (2021). Supplementation of fruit peel pellet containing phytonutrients to manipulate rumen pH, fermentation efficiency, nutrient digestibility and microbial protein synthesis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(11), 4543-4550. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11096>

- Widiawati, Y. (2009). Pengaruh substitusi produk samping nenas (*Ananas comosus* (L. Merr) pada pakan basal rumput gajah dan kaliandra terhadap ekosistem rumen domba. *JITV*, 4(4), 253-261
- Yanuartono, Nururrozi, A., Indarjulianto, S., Purnamaningsih, H., & Rahardjo, S. (2017). Urea: Manfaat pada ruminansia. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 28(1), 10-34.
- Yanuartono, Y., Nururrozi, A., Indarjulianto, S., & Purnamaningsih, H. (2019). Peran protozoa pada pencernaan ruminansia dan dampak terhadap lingkungan. *TERNAK TROPIKA Journal of Tropical Animal Production*, 20(1), 20(1), 16-28.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtapro.2019.020.01.3>