

Pengaruh Level Tannin Daun Kedondong Hutan (*Spondias Pinnata*) dalam Pakan Konsentrat Berbasis Tepung Tongkol Jagung terhadap Parameter Rumen Secara *In Vitro*

The Effect of Tannin Levels on Forest Starfruit Leaves (*Spondias Pinnata*) In Corn Cob Flour Based Concentrate Feed Against Rumen Parameters In Vitro

Oktovianus Sese^{1*}, Grace Maranatha², Upik Syamsiar Rosnah³

^{1,2,3}Fakultas Peternakan, Kelautan dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana,
Jln. Adisucipto Penfui, Kupang 85001

Email: ghioseran10@gmail.com

Published: September, 2026

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh level tanin daun kedondong hutan dalam pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung terhadap parameter rumen secara *in vitro*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Adapun perlakuan yang digunakan yaitu **P₀** : Konsentrat tanpa penambahan tannin (kontrol), **P₁** : Konsentrat + 1% tannin, **P₂** : Konsentrat + 3% tannin, **P₃** : Konsentrat + 5% tannin. Tannin diperoleh dari ekstrak daun kedondong hutan dan dicampurkan secara homogen dengan pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung. Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi konsentrasi NH₃, VFA, dan nilai pH rumen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi tanin daun kedondong hutan memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap konsentrasi NH₃, VFA, dan pH rumen. Rataan konsentrasi NH₃ yang diperoleh pada masing-masing perlakuan **P₀**: 18,06, **P₁**: 15,26, **P₂**: 12,87, dan **P₃**: 9,25 mM dengan rata-rata keseluruhan 13,86 mM. Konsentrasi VFA berturut-turut sebesar **P₀**: 104,12, **P₁**: 112,20, **P₂**: 117,45, dan **P₃**: 96,05 mM dengan rata-rata keseluruhan 107,46 mM. Nilai pH rumen pada masing-masing perlakuan adalah **P₀**: 6,08, **P₁**: 5,96, **P₂**: 5,86, dan **P₃**: 6,21 dengan rata-rata keseluruhan 6,03. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan tannin daun kedondong hutan dalam pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung pada level 3% mampu meningkatkan konsentrasi NH₃, VFA, dan nilai pH.

Kata kunci : daun kedondong hutan, fermentasi rumen, *in vitro*, tanin, tongkol jagung

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effects of different tannin levels derived from forest kedondong leaves on rumen fermentation parameters in a concentrate feed formulated with corn cob flour under *in vitro* conditions. The experiment employed a Completely Randomized Design (CRD) consisting of four treatments with three replications. The treatments were as follows: **P₀**, concentrate without tannin supplementation as the control; **P₁**, concentrate supplemented with 1% tannin; **P₂**, concentrate supplemented with 3% tannin; and **P₃**, concentrate supplemented with 5% tannin. The tannin was obtained from forest hog plum (*Spondias pinnata*) leaf extract and was homogeneously mixed with a corn cob meal-based concentrate feed. The tannin dosage is determined based on the total tannin content of the forest ambarella leaf extract (% DM) and is mixed homogeneously with corn cob flour-based concentrate feed. The parameters measured are NH₃, VFA, and pH. The results showed that the supplementation of forest hog plum (*Spondias pinnata*) leaf tannins had a highly significant effect ($P < 0.01$) on NH₃ concentration, VFA concentration, and rumen pH. The mean NH₃ concentrations for treatments **P₀**, **P₁**, **P₂**, and **P₃** were 18.06, 15.26, 12.87, and 9.25 mM, respectively, with an overall mean of 13.86 mM. The VFA concentrations were 104.12, 112.20, 117.45, and 96.05 mM, respectively, with an overall mean of 107.46 mM. The rumen pH values for treatments **P₀**, **P₁**, **P₂**, and **P₃** were 6.08, 5.96, 5.86, and 6.21, respectively, with an overall mean of 6.03. The findings indicate that incorporating forest ambarella leaf tannin into corn cob flour-based concentrate feed can enhance rumen fermentation, as reflected by increased NH₃ and VFA concentrations as well as pH values.

Keywords: kedondong leaves, rumen fermentation, *in vitro*, land, corn cobs

PENDAHULUAN

Pakan merupakan salah satu komponen penting yang menentukan keberhasilan usaha peternakan dalam mendukung pemenuhan kebutuhan daging nasional. Ketersediaan bahan pakan berupa hijauan bagi ternak ruminansia pada musim kemarau sangat terbatas. Salah satu upaya strategis yang dilakukan saat ini untuk menyediakan pakan adalah melalui pemanfaatan bahan pakan lokal yang tersedia secara melimpah yang diformulasikan menjadi pakan konsentrat agar dapat mendukung efisiensi konversi pakan tanpa menurunkan performa ternak.

Tongkol jagung merupakan salah satu hasil samping pertanian yang tersedia dalam jumlah cukup melimpah dan berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber serat serta energi dalam penyusunan pakan konsentrat bagi ternak ruminansia. Pemanfaatannya telah banyak diteliti, baik dalam bentuk segar (tanpa perlakuan) maupun melalui proses fermentasi untuk meningkatkan nilai nutrisi dan kecernaannya. Sejumlah studi juga telah mengkaji penambahan imbuhan pakan (*feed additives*), seperti probiotik, enzim, dan senyawa fitogenik, sebagai strategi peningkatan efisiensi pemanfaatan tongkol jagung dalam ransum. Namun demikian, hasil yang diperoleh belum menunjukkan dampak yang konsisten dan signifikan terhadap parameter pencernaan, baik melalui pendekatan *in vitro* maupun *in vivo*, khususnya pada ternak ruminansia seperti sapi dan kambing.

Tantangan lainnya dalam pemanfaatan tepung tongkol jagung dalam konsentrat adalah tingginya laju fermentasi karbohidrat di dalam rumen. Fermentasi yang terlalu cepat dapat menimbulkan penurunan pH rumen, mengganggu keseimbangan mikroba rumen, dan menurunkan efisiensi pemanfaatan energi pakan (McAllister *et al.*, 2005). Selain itu, dalam sistem pencernaan ruminansia, protein dari pakan juga rentan mengalami degradasi berlebih di rumen, sehingga proporsi protein yang tersedia untuk diserap di usus halus menjadi rendah (Min *et al.*, 2003). Hal ini menunjukkan bahwa masih diperlukan pendekatan teknologi pakan seperti proteksi nutrisi menggunakan senyawa bioaktif, untuk meningkatkan utilisasi tongkol jagung secara optimal dalam konsentrat berbasis pakan lokal.

Salah satu upaya yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan tanin sebagai salah satu komponen dalam pakan. Tanin merupakan senyawa metabolit sekunder dari tanaman yang memiliki kemampuan untuk membentuk kompleks dengan protein maupun karbohidrat, sehingga mampu melindungi kedua komponen tersebut dari degradasi berlebihan di rumen (Mueller-Harvey, 2006; Patra & Saxena, 2011). Tanin yang digunakan dalam jumlah dan level yang tepat dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi tanpa mengganggu aktivitas mikroba rumen secara signifikan (Aboagye & Beauchemin, 2019). Menurut Sagito dkk. (2022) telah mengkaji penggunaan berbagai level tanin (1,5%, 3%, dan 4,5%) untuk memproteksi protein pada tepung keong mas dalam ransum domba lokal jantan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemberian tanin hingga taraf 4,5% tidak menyebabkan perbedaan yang nyata terhadap pencernaan serat kasar maupun energi dalam ransum. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan tanin pada level tertentu efektif untuk proteksi protein tanpa mengganggu proses fermentasi serat kasar oleh mikroba rumen.

Daun kedondong hutan (*Spondias pinnata*) merupakan salah satu sumber tanin alami yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pakan. Daun tersebut diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti saponin, flavonoid, dan tanin. Flavonoid memiliki aktivitas antioksidan yang berperan dalam menangkal radikal bebas (Yanti dkk., 2023). Selain itu, saponin dan tanin juga memiliki aktivitas antibakteri serta berpotensi dalam mendukung pembentukan jaringan kolagen. Meskipun memiliki berbagai potensi bioaktif tersebut, pemanfaatan tanin yang berasal dari daun kedondong hutan masih relatif terbatas, khususnya sebagai *feed modulator* dalam formulasi ransum untuk ternak ruminansia.

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan di mulai dari bulan September 2025-Oktober 2025, dimana pelaksanaanya terdiri dari 1 bulan tahap pengambilan sampel, 1 bulan analisis laboratorium. Bertempat di Laboratorium Ilmu nutrisi dan teknologi pakan Institut Pertanian Bogor, untuk analisis kimia pakan dan uji pencernaan *in vitro*.

Materi Penelitian

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah **Tepung tongkol jagung** sebagai bahan utama sumber energi dalam konsentrat, **ekstrak daun kedondong hutan** (*Spondias pinnata*), bahan baku konsentrat lain (dedak padi, bungkil kedelai, mineral mix, garam) untuk memenuhi kebutuhan nutrisi standar (Tabel 1), cairan rumen, dan media buffer.

Tabel 1. Presentase bahan penyusun pakan konsentrat.

		Presentase
Bahan Pakan	(%)	
Dedak Padi		25
Jagung Giling		15
Tongkol jagung		30
Bungkil Kelapa		5
Tepung daun kelor		15
Garam		5
Urea		3,5
Premix		1
Starbio		0,5
Total		100

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa parang atau pisau untuk mencacah daun kedondong hutan dan tongkol jagung, terpal untuk menjemur, penggiling untuk menggiling tongkol jagung yang sudah kering, timbangan analog kapasitas 20 kg, timbangan digital, gelas ukur, saringan kain, ember, gayung, karung, buku tulis, pulpen, kamera hp, gunting, kantong plastik, sekop dan seperangkat alat laboratorium.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Adapun perlakuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

P0 : Konsentrat tanpa penambahan tannin (kontrol)

P1 : Konsentrat + 1% tannin

P2 : Konsentrat + 3% tannin

P3 : Konsentrat + 5% tannin

Keterangan : persen tannin berdasarkan berat konsentrat

Prosedur Penelitian

Prosedur Pembuatan Tepung Tongkol Jagung

Tongkol jagung dikumpulkan dari jagung yang sudah dipipil dan dipastikan bebas dari biji, kotoran, dan jamur. Tongkol yang digunakan sebaiknya berasal dari jagung tua agar kadar air rendah. Setelah itu, tongkol jagung dibersihkan dari sisa kelobot dan debu, kemudian dicuci dengan air bersih bila diperlukan. Setelah itu ditiriskan hingga tidak ada air yang menetes. Kemudian tongkol jagung dikeringkan untuk menurunkan kadar air. Pengerangan dapat dilakukan dengan penjemuran di bawah sinar matahari selama 5–7 hari sampai tongkol benar-benar kering dan keras. Tongkol jagung kering dipotong kecil-kecil atau dihancurkan secara kasar menggunakan palu, alu, atau mesin pencacah agar mudah digiling. Tongkol jagung yang telah diperkecil ukurannya digiling menggunakan *hammer mill*

hingga menjadi tepung. Setelah digiling, tepung tongkol jagung disimpan dalam karung tertutup rapat, diletakkan di tempat kering dan sejuk untuk mencegah pertumbuhan jamur dan penurunan kualitas.

Prosedur Ekstraksi Tanin Daun kedondong hutan dengan Air Panas (Rebusan)

Sebelum dilakukan ekstraksi tanin siapkan bahan sumber tanin (daun kedondong hutan), air bersih, panci atau beaker glass, saringan atau kain muslin. Setelah itu, cuci bersih bahan sumber tanin lalu potong kecil-kecil untuk memperluas area ekstraksi. Dimasukkan ke dalam panci, kemudian ditambahkan air dengan perbandingan 1:10. (1 bagian bahan : 10 bagian air) lalu panaskan hingga mendidih, lalu biarkan mendidih selama 30-60 menit sambil diaduk sesekali. Setelah selesai, saring ekstrak menggunakan kain muslin atau saringan halus, Residu padat yang telah dipisahkan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C. Jika ingin mendapatkan ekstrak tanin yang lebih pekat, panaskan kembali untuk mengurangi kadar air.

Pengambilan cairan rumen

Cairan rumen diperoleh dari Rumah Potong Hewan (RPH) segera setelah sapi disembelih. Isi rumen kemudian dikumpulkan, diperas, dan disaring menggunakan kain kasa untuk memisahkan cairan dari bahan padat. Cairan rumen yang telah disaring selanjutnya dimasukkan ke dalam termos yang telah dipersiapkan untuk mempertahankan suhunya, kemudian segera dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis lebih lanjut.

Pencernaan secara *in vitro*

Percobaan *in vitro* dilakukan dengan menggunakan metode Tilley dan Terry (1963) yang telah dimodifikasi. Tahap awal dilakukan dengan memasukkan 1 g sampel yang telah dihaluskan ke dalam masing-masing tabung fermentor. Selanjutnya, ke dalam tabung ditambahkan 8 mL cairan rumen dan 32 mL larutan McDougall. Tabung fermentor kemudian diinkubasi menggunakan *shaker bath* pada suhu 39°C selama 48 jam. Selama proses inkubasi, tabung digoyangkan dan dialiri gas CO₂ selama kurang lebih 30 detik setiap 8 jam untuk mempertahankan kondisi anaerob. Setelah itu, tabung ditutup menggunakan penutup karet yang dilengkapi ventilasi dan proses fermentasi dilanjutkan selama 24 jam.

Setelah proses inkubasi selama 48 jam selesai, penutup karet pada tabung fermentor dibuka dan ditambahkan 2-3 tetes larutan HgCl₂ jenuh untuk menghentikan aktivitas mikroorganisme. Selanjutnya, proses fermentasi dan aktivitas mikroba dihentikan dengan merendam tabung fermentor dalam air es. Setelah itu, nilai pH cairan fermentasi diukur. Campuran substrat dan supernatan kemudian disentrifugasi pada kecepatan 4.000 rpm selama 15 menit hingga terbentuk dua bagian, yaitu endapan substrat pada bagian bawah dan supernatan bening pada bagian atas. Supernatan selanjutnya dipisahkan dan digunakan untuk analisis konsentrasi N-NH₃ dan VFA total.

Prosedur Kerja Percobaan In Vitro

Pengujian pencernaan secara in vitro dilakukan dengan mengacu pada metode dua tahap Tilley dan Terry (1963) yang telah dimodifikasi. Tahapan pelaksanaan percobaan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

sampel

Masing-masing sampel ditimbang sebanyak 0,5 g, kemudian dimasukkan ke dalam 12 tabung sentrifus yang telah diberi label sesuai dengan perlakuan. Selain tabung perlakuan, disiapkan pula satu tabung blanko yang berisi larutan buffer dan cairan rumen tanpa sampel.

2. Inkubasi

tahap

pertama

Ke dalam setiap tabung ditambahkan sebanyak 50 mL campuran larutan buffer dan cairan rumen dengan perbandingan 4:1. Sebelum tabung ditutup menggunakan penutup karet, gas CO₂ dialirkan ke dalam tabung untuk menciptakan kondisi anaerob. Selanjutnya, seluruh tabung diinkubasi dalam *water bath* pada suhu 39°C selama 48 jam. Selama proses inkubasi, tabung dikocok sebanyak dua kali setiap hari agar sampel dan cairan inkubasi tercampur secara merata.

3. Inkubasi

tahap

kedua

Setelah inkubasi selama 48 jam, aktivitas mikroorganisme dihentikan dengan penambahan larutan HCl hingga mencapai pH 2. Selanjutnya, ditambahkan larutan pepsin-HCl ke dalam tabung dan dilakukan inkubasi kembali selama 48 jam. Tahap kedua ini dimaksudkan untuk mensimulasikan proses pencernaan yang berlangsung pada organ pascarumen, khususnya abomasum.

Parameter yang diukur

NH₃ (Ammonia)

Analisis konsentrasi NH₃ cairan rumen dilakukan menggunakan metode mikrodifusi Conway yang mengacu pada *General Laboratory Procedure* (1966). Tahapan analisis diawali dengan mengoleskan vaselin pada bagian bibir dan tutup cawan Conway untuk memastikan cawan tertutup rapat dan kedap udara. Sebanyak 1,0 mL supernatan hasil fermentasi ditempatkan pada salah satu bagian alur cawan Conway. Selanjutnya, sebanyak 1,0 mL larutan Na₂CO₃ jenuh dimasukkan pada bagian alur yang bersebelahan dengan supernatan, dengan ketentuan kedua larutan tersebut tidak dicampurkan terlebih dahulu. Sebanyak 1,0 mL larutan asam borat yang telah mengandung indikator dimasukkan ke dalam cawan kecil yang berada di bagian tengah cawan Conway. Setelah seluruh larutan ditempatkan, cawan Conway ditutup secara rapat hingga mencapai kondisi kedap udara. Larutan Na₂CO₃ kemudian dicampurkan dengan supernatan dengan cara menggoyangkan dan memiringkan cawan secara perlahan hingga kedua larutan tercampur merata. Cawan selanjutnya didiamkan selama 24 jam pada suhu kamar agar proses difusi NH₃ berlangsung. Setelah masa inkubasi selesai, cawan dibuka dan larutan asam borat yang mengandung indikator dititrasi menggunakan H₂SO₄ 0,005 N. Titrasi dilakukan hingga mencapai titik akhir yang ditandai dengan perubahan warna larutan dari biru menjadi merah. Konsentrasi NH₃ yang diperoleh selanjutnya dihitung menggunakan rumus sesuai dengan metode mikrodifusi Conway (*General Laboratory Procedure*, 1966).

$$\text{Kadar NH}_3 \text{ (Mm)} = \text{ml titrasi} \times \text{NH}_2\text{SO}_4 \times 1000$$

Keterangan : N H₂SO₄ = H₂SO₄ yang dipakai dalam titrasi N.

VFA (Volatile Fatty Acid)

Konsentrasi VFA total dianalisis menggunakan metode penyulingan uap. Sebanyak 5 mL cairan rumen dimasukkan ke dalam tabung penyuling, kemudian ditambahkan 1 mL H₂SO₄. Uap air panas yang dihasilkan selanjutnya ditampung dalam erlenmeyer yang telah berisi 5 mL larutan NaOH 0,5 N hingga volume hasil destilasi mencapai kurang lebih 300 mL. Hasil destilasi kemudian dititrasi menggunakan larutan HCl 0,5 N sampai mencapai titik akhir titrasi, yang ditandai dengan perubahan warna larutan dari merah muda menjadi bening. Sebagai pembanding, dilakukan pula titrasi terhadap larutan blanko yang terdiri atas 5 mL NaOH. Konsentrasi VFA total selanjutnya dihitung berdasarkan rumus yang dikemukakan dalam *General Laboratory Procedure* (1966).

$$\text{VFA total (mM)} = \frac{(a - b) \text{ ml} \times \text{N HCl} \times 1000 / 5 \text{ ml}}{\text{gr sample} \times \text{BK sample}}$$

Dimana : a = volume HCl blanko pereaksi (hanya H₂SO₄ dan NaOH saja, tanpa sampel)

b = volume HCl sampel

PH (Potential of Hydrogen)

Pengukuran pH dilakukan pada setiap akhir masa inkubasi menggunakan pH meter (Cheetah pH meter PHBJ-260). Sampai hasil produksi gas ditempatkan pada tabung sentrifus, kemudian diukur pH-nya dan dicatat.

Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis dengan metode analisis of avraince (Anova) dan dilanjutkan dengan uji lanjut beda nyata kecil (BNT) sesuai prosedur Stell and Torrie., 1991 dengan menggunakan soft ware SPSS seri 21. Adapun model matematis rancangan acak lengkap (RAL) sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan : Y_{ij} = nilai pengamatan pada perlakuan ke i, ulangan j

μ = nilai tengah umum

t_i = pengaruh perlakuan ke-i

ε_{ij} = pengaruh acak (kesalahan percobaan) pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Pengaruh Perlakuan Terhadap Parameter yang Diukur.

Parameter	Perlakuan				P-Value
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	
NH ₃ (mM)	18,06±0,13 ^d	15,26±0,12 ^c	12,87±0,20 ^b	9,25±0,14 ^a	0.000
VFA (mM)	104,12±0,34 ^b	112,20±0,30 ^c	117,45±0,33 ^d	96,05±0,33 ^a	0.000
pH	6,08±0,01 ^c	5,96±0,01 ^b	5,86±0,01 ^a	6,21±0,01 ^d	0.000

Ket : Superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan adanya perbedaan sangat nyata (P<0,01)

Pengaruh Perlakuan Terhadap NH₃ (Ammonia)

Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa konsentrasi NH₃ semakin menurun pada perlakuan P₀ – P₄. Peningkatan konsentrasi NH₃ pada Tabel 2 sesuai dengan peningkatan protein kasar pada Tabel 1. Tingginya konsentrasi NH₃ pada P₀ diduga karena pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung tanpa penambahan tanin memiliki total kandungan protein kasar yang tinggi. McDonald *et al.* (2011) menyatakan bahwa konsentrasi NH₃ yang tinggi dalam rumen dihasilkan oleh tingginya protein yang terkandung dalam pakan serta yang mudah didegradasi. Tinggi rendahnya produksi amonia dalam rumen tergantung pada sumber nitrogen pakan yang mudah terdegradasi (Hindratiningrum *et al.* 2011; Harahap *et al.* 2017).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian tanin daun kedondong dalam pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung memberikan pengaruh sangat nyata (P<0,01) terhadap konsentrasi amonia (NH₃). Nilai rata-rata konsentrasi NH₃ yang diperoleh pada masing-masing perlakuan yaitu P₀ = 18,06 mM; P₁ = 15,26 mM; P₂ = 12,87 mM; dan P₃ = 9,25 mM. Data tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi level tanin daun kedondong yang diberikan dalam pakan konsentrat, maka konsentrasi NH₃ yang dihasilkan semakin menurun. Penurunan konsentrasi NH₃ pada perlakuan dengan level tanin yang lebih tinggi disebabkan oleh kemampuan tanin dalam membentuk ikatan kompleks dengan protein pakan, sehingga protein tersebut menjadi lebih sulit didegradasi oleh mikroorganisme rumen. Konsentrasi NH₃ pada penelitian ini masih berada pada kisaran normal. Hal ini sesuai dengan McDonald *et al.* (2002) bahwa besaran optimum konsentrasi NH₃ dalam rumen berkisar antara 85-300 mg/l atau 6-21 mM. Jumlah amonia dalam rumen tergantung pada jumlah pakan yang dimakan laju hidrolisisnya, durasi waktu tinggal dalam rumen dan keasaman rumen (Boerman *et al.* 2015). Tanin merupakan senyawa polifenol yang memiliki kemampuan mengikat protein melalui ikatan hidrogen sehingga membentuk kompleks tanin–protein yang relatif stabil pada kondisi pH rumen. Akibatnya, degradasi protein oleh mikroba rumen menjadi berkurang sehingga produksi amonia yang dihasilkan dari proses deaminasi juga menurun (Sasongko, 2010).

Hasil uji lanjut BNT menunjukkan bahwa pasangan perlakuan P₀-P₂, P₀-P₃, P₁-P₃ menunjukkan perbedaan yang sangat nyata. Sedangkan untuk pasangan P₀-P₁, P₁-P₂, dan P₂-P₃, menunjukkan perbedaan yang nyata pada konsentrasi NH₃. Pada perlakuan P₀ (tanpa tanin) diperoleh konsentrasi NH₃ tertinggi yaitu 18,06 mM. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa adanya senyawa tanin, protein dalam pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung lebih mudah terdegradasi oleh mikroba rumen sehingga menghasilkan amonia dalam jumlah yang lebih tinggi. Kondisi ini sejalan dengan pendapat bahwa protein pakan yang tidak diproteksi akan mengalami degradasi cepat di dalam rumen sehingga menghasilkan konsentrasi NH₃ yang tinggi (Mayangsari *et al.*, 2013). Sebaliknya, pada perlakuan dengan penambahan tanin daun kedondong (P₁, P₂, dan P₃) terjadi penurunan konsentrasi NH₃ secara bertahap. Nilai konsentrasi NH₃ pada P₁ sebesar 15,26 mM, P₂ sebesar 12,87 mM, dan P₃ sebesar 9,25 mM. Penurunan ini menunjukkan bahwa tanin dalam daun kedondong mampu menghambat degradasi protein dalam rumen, sehingga jumlah protein yang diubah menjadi amonia menjadi lebih sedikit. Menurut Cahyani *et al.* (2012), penambahan tanin pada bahan pakan mampu menurunkan konsentrasi NH₃ karena tanin membentuk kompleks dengan protein yang sulit diuraikan oleh mikroba rumen.

Nilai rata-rata konsentrasi NH₃ pada penelitian ini berkisar antara 9,25-18,06 mM. Hasil ini lebih tinggi dari yang dilaporkan Mansay *et al.* (2021) yang menggunakan penggantian tepung jagung dan

dedak padi dengan tepung sabut kelapa muda hasil fermentasi khamir terhadap fermentasi in vitro dengan rata-rata nilai konsentrasi NH_3 sebesar 8,42 mM. Hasil penelitian ini juga lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Holik *et al.* (2019) yang menghasilkan produksi NH_3 sebesar 6.5-8,96 mM menggunakan silase tanaman sorgum dengan penambahan *legume indigofera* sp. Tingginya konsentrasi NH_3 pada penelitian ini disebabkan karena tingginya kandungan protein pada pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung. Protein tinggi dalam pakan mengakibatkan mikroba rumen mampu mencernanya dengan mudah. ketersediaan protein merupakan faktor utama dalam keberlanjutan aktivitas mikroba pada rumen karena fermentasi pakan sangat dipengaruhi oleh aktivitas mikroba rumen (Wang *et al.*, 2021).

Pengaruh Perlakuan Terhadap VFA (Volatile Fatty Acid)

Data pada Tabel 2 memperlihatkan nilai VFA pada perlakuan P1 dan P2 yang lebih tinggi dibanding P0 menunjukkan bahwa penambahan tanin daun kedondong pada level tertentu dapat meningkatkan aktivitas fermentasi mikroba rumen. Hal ini kemungkinan terjadi karena tanin pada konsentrasi rendah hingga sedang mampu memodulasi populasi mikroba rumen, sehingga fermentasi karbohidrat berlangsung lebih efisien. Beberapa penelitian menyatakan bahwa tanin pada dosis moderat dapat meningkatkan konsentrasi beberapa fraksi VFA seperti propionat dan butirir serta memperbaiki efisiensi fermentasi rumen (Dai dan Faciola, 2019; Yanza *et al.*, 2021). Selain itu, peningkatan VFA pada perlakuan P1 dan P2 juga dapat dikaitkan dengan ketersediaan substrat fermentasi dari tepung tongkol jagung yang kaya karbohidrat struktural. Karbohidrat tersebut difermentasi oleh mikroorganisme rumen menghasilkan asam lemak volatil seperti asetat, propionat, dan butirir. Menurut McDonald *et al.* (2011), bahan pakan yang kaya karbohidrat merupakan substrat utama fermentasi rumen yang menghasilkan VFA sebagai produk akhir metabolisme mikroba.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian tanin daun kedondong dalam pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung memberikan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap konsentrasi VFA. Nilai VFA yang diperoleh berturut-turut yaitu $P_0 = 104,12$ mM; $P_1 = 112,20$ mM; $P_2 = 117,45$ mM; dan $P_3 = 96,05$ mM. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan level tanin hingga perlakuan tertentu mampu meningkatkan konsentrasi VFA, namun pada level yang lebih tinggi justru menurunkan produksi VFA. Secara umum, *volatile fatty acids* (VFA) merupakan produk utama fermentasi karbohidrat oleh mikroorganisme rumen dan menjadi sumber energi utama bagi ternak ruminansia. Sekitar 70% kebutuhan energi ruminansia berasal dari VFA yang dihasilkan melalui fermentasi pakan di dalam rumen (Bergman, 1990). Oleh karena itu, konsentrasi VFA sering digunakan sebagai indikator intensitas fermentasi mikroba rumen. Namun demikian, pada perlakuan P_3 terjadi penurunan konsentrasi VFA menjadi 96,05 mM, yang menunjukkan bahwa peningkatan level tanin yang terlalu tinggi dapat menghambat fermentasi rumen. Tanin diketahui memiliki kemampuan untuk mengikat protein, karbohidrat, serta enzim mikroba, sehingga dapat menurunkan aktivitas mikroorganisme rumen. Konsentrasi tanin yang tinggi dapat membentuk kompleks dengan lignoselulosa atau protein pakan sehingga menurunkan pencernaan nutrisi dan aktivitas fermentasi mikroba (Patra dan Saxena, 2011). Selain itu, tanin juga memiliki sifat anti mikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri rumen tertentu. Penelitian oleh Jayanegara *et al.* (2009) menunjukkan bahwa penambahan tanin pada pakan dapat menurunkan produksi gas dan total VFA akibat berkurangnya aktivitas fermentasi mikroba di dalam rumen. Hal ini menjelaskan mengapa pada level tanin yang lebih tinggi (P_3) produksi VFA menurun dibandingkan perlakuan lainnya. Penurunan VFA pada level tanin tinggi juga berkaitan dengan kemampuan tanin dalam menurunkan degradasi bahan organik dan ketersediaan substrat bagi mikroba rumen. Tanin dapat menghambat aktivitas enzim mikroba yang berperan dalam degradasi karbohidrat sehingga proses fermentasi menjadi kurang optimal (Bae *et al.*, 1993; Chung *et al.*, 1998).

Hasil uji lanjut BNT menunjukkan bahwa pasangan perlakuan P_0 - P_1 , P_0 - P_3 , P_1 - P_2 menunjukkan perbedaan yang nyata. Sedangkan untuk pasangan P_0 - P_2 , P_1 - P_3 , P_0 - P_2 , dan P_2 - P_3 menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) pada konsentrasi VFA. Perbedaan ini menunjukkan bahwa level tanin pada pakan konsentrat berbasis tongkol jagung mempengaruhi konsentrasi VFA. Konsentrasi VFA dalam penelitian ini berkisar 96,05-117,45 mM. Konsentrasi VFA pada penelitian ini berada pada kisaran normal untuk menunjang pertumbuhan mikroba rumen.

Konsentrasi VFA yang optimum untuk menunjang pertumbuhan mikroba menurut McDonald *et al.* (2002) adalah 70-150 mM. sedangkan menurut Sutardi (1977) adalah 80-160 mM. Nilai konsentrasi VFA yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Taopan (2018), yang melaporkan bahwa penggunaan daun kelor yang dicampurkan dengan silase batang pisang menghasilkan konsentrasi VFA rata-rata sebesar 106,60 mM. Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan tingkat fermentabilitas bahan pakan dan ketersediaan karbohidrat yang mudah larut pada pakan yang digunakan dalam penelitian ini. Kandungan karbohidrat mudah larut yang lebih tinggi dapat menyediakan substrat yang lebih banyak bagi mikroorganisme rumen untuk melakukan proses fermentasi, sehingga berpotensi meningkatkan pembentukan VFA. Menurut Arora (1995), produksi VFA dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain tingkat fermentabilitas bahan pakan, ketersediaan karbohidrat yang mudah larut, kondisi pH rumen, tingkat pencernaan bahan pakan, serta jumlah dan jenis mikroorganisme yang terdapat di dalam rumen.

Pengaruh Perlakuan Terhadap pH (Potential of Hydrogen)

Berdasarkan data pada Tabel 2, rata-rata nilai pH yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 6,02. Nilai pH menunjukkan adanya variasi berupa peningkatan dan penurunan pada setiap perlakuan, namun secara keseluruhan masih berada dalam kisaran yang sesuai untuk mendukung aktivitas mikroorganisme rumen. Kamra (2005) menyatakan bahwa mikroorganisme rumen dapat menjalankan aktivitas fermentasinya secara optimal pada kondisi pH sekitar 6,0–6,9. Hal ini sejalan dengan pendapat Owens dan Basalan (2016) yang menyebutkan bahwa kisaran pH normal rumen berada pada rentang 6,0–7,0. Kondisi pH yang berada di luar kisaran tersebut dapat menghambat aktivitas mikroorganisme rumen dan selanjutnya mengganggu proses fermentasi serta pemanfaatan nutrisi di dalam rumen.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan tanin daun kedondong dalam pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung memberikan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap nilai pH cairan rumen. Nilai rata-rata pH yang diperoleh pada setiap perlakuan adalah $P_0 = 6,08$; $P_1 = 5,96$; $P_2 = 5,86$; dan $P_3 = 6,21$. Hasil ini menunjukkan bahwa level tanin yang berbeda dalam pakan konsentrat mampu mempengaruhi kondisi lingkungan fermentasi dalam rumen. Nilai pH merupakan salah satu indikator utama dalam menilai kondisi fermentasi rumen karena pH mempengaruhi aktivitas mikroorganisme rumen, terutama bakteri selulolitik dan amilolitik yang berperan dalam proses degradasi pakan. Berdasarkan data penelitian, nilai pH terendah terdapat pada perlakuan P_2 (5,86) sedangkan nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan P_3 (6,21). Penurunan pH pada perlakuan P_1 dan P_2 diduga disebabkan oleh meningkatnya aktivitas fermentasi mikroba rumen yang menghasilkan asam-asam organik terutama *Volatile Fatty Acids* (VFA) seperti asetat, propionat, dan butirrat. Produksi VFA yang tinggi akan meningkatkan konsentrasi asam dalam rumen sehingga pH cenderung menurun. Selain itu, Usman (2013) juga menyatakan bahwa nilai pH cairan rumen yang normal berhubungan dengan VFA yang dihasilkan. Sayuti (1989) menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi pH rumen adalah produk dari fermentasi karbohidrat. Menurut Van Soest (1994) peningkatan fermentasi karbohidrat dalam rumen akan menghasilkan VFA dalam jumlah tinggi yang secara langsung menurunkan pH rumen. Selain itu, keberadaan tanin dalam pakan juga dapat mempengaruhi proses fermentasi rumen melalui interaksinya dengan protein dan mikroorganisme rumen. Tanin merupakan senyawa polifenol yang mampu membentuk kompleks dengan protein sehingga dapat memodifikasi proses degradasi protein dalam rumen. Pada level tertentu, tanin dapat meningkatkan efisiensi fermentasi rumen dengan cara menghambat degradasi protein yang berlebihan serta menekan pertumbuhan mikroba tertentu. Nilai pH rumen yang stabil terjadi karena meningkatnya konsentrasi NH_3 dan VFA, selain itu pH yang dihasilkan juga berada pada kisaran yang mendukung pertumbuhan mikroba di dalam rumen.

Hasil uji lanjut BNT menunjukkan bahwa pasangan perlakuan P_0 - P_1 , P_0 - P_3 , P_1 - P_2 menunjukkan perbedaan yang nyata. Sedangkan untuk pasangan P_0 - P_2 , P_1 - P_3 , P_0 - P_2 , dan P_2 - P_3 menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$). Perlakuan dengan level tanin yang berbeda menghasilkan respon fermentasi rumen yang berbeda pula. Perlakuan P_2 yang memiliki nilai pH paling rendah menunjukkan bahwa level tanin pada perlakuan tersebut mampu meningkatkan aktivitas fermentasi mikroba rumen sehingga produksi asam meningkat. Sementara itu, perlakuan P_3 menunjukkan nilai pH tertinggi yang mengindikasikan bahwa level tanin yang lebih

tinggi mulai menekan aktivitas mikroba fermentatif sehingga produksi asam menurun. Perbedaan antar perlakuan ini menunjukkan bahwa tanin daun kedondong memiliki efek yang dosedependent terhadap fermentasi rumen. Pada level tertentu tanin dapat meningkatkan efisiensi fermentasi, namun pada level yang lebih tinggi dapat menekan aktivitas mikroorganisme rumen. Hal ini sejalan dengan pendapat Getachew *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa pengaruh tanin terhadap fermentasi rumen sangat dipengaruhi oleh konsentrasi tanin dalam pakan serta sensitivitas mikroba rumen terhadap senyawa tersebut. Dengan demikian, hasil uji Duncan pada penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan tanin daun kedondong dalam pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung memberikan respon yang berbeda terhadap nilai pH rumen, sehingga penentuan level tanin yang tepat sangat penting untuk menjaga stabilitas fermentasi rumen dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan.

Nilai pH yang diperoleh dalam penelitian ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Badarina *et al.* (2014), yang melaporkan nilai pH rumen rata-rata sebesar 6,78 pada ransum yang disuplementasi dengan kulit buah kopi secara *in vitro*. Hasil penelitian ini juga lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Asikin (2015) pada kambing Kacang jantan yang diberikan pakan komplit berbasis tongkol jagung dengan sumber protein yang berbeda, yaitu dengan rata-rata nilai pH rumen sebesar 6,67. Perbedaan nilai tersebut diduga berkaitan dengan adanya perbedaan kandungan serat kasar dan komposisi nutrisi pada pakan yang digunakan. Lee *et al.* (2011) menjelaskan bahwa kandungan serat kasar atau karbohidrat struktural yang tinggi dalam pakan cenderung menghasilkan kondisi pH rumen yang lebih tinggi, sedangkan pakan yang kaya akan pati dan karbohidrat yang mudah difermentasi dapat menyebabkan penurunan pH rumen. Dengan demikian, variasi nilai pH antarpelitian dapat dipengaruhi oleh perbedaan komposisi dan karakteristik bahan pakan yang digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan tanin daun kedondong hutan pada pakan konsentrat berbasis tepung tongkol jagung berpengaruh terhadap kondisi fermentasi rumen, yang ditunjukkan oleh peningkatan konsentrasi NH_3 , VFA, dan nilai pH. Penggunaan tanin pada level 3% merupakan perlakuan yang paling optimal karena menghasilkan konsentrasi VFA tertinggi, kadar NH_3 yang masih berada dalam kisaran normal, serta nilai pH yang sesuai untuk menunjang aktivitas dan perkembangan mikroorganisme rumen.

REFERENCES

- Aboagye, I. A., & Beauchemin, K. A. (2019). Potential of supplementing condensed tannins to reduce enteric methane emissions from ruminant animals: A review. *Animals*, 9(11), 856. <https://doi.org/10.3390/ani9110856>.
- Arora SP. 1995. *Pencernaan Mikroba pada Ruminansia*. Cetakan kedua. Diterjemahkan oleh Retno Muewani. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Asikin, N. 2015. Karakteristik fermentasi rumen pada ternak kambing kacang jantan yang di beri pakan komplit berbasis tongkol jagung mengandung sumber protein yang berbeda. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar. Hal 18.
- Bae, H. D., McAllister, T. A., Yanke, L., Cheng, K. J., & Muir, A. D. 1993. Effects of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digesti on by ruminal fungi. *Canadian Journal of Microbiology*. 39(2): 213–217.
- Boerman, J P, J L Firkins, N R St-Pierre, and A L Lock. 2015. “Intestinal Digestibility of Long-Chain Fatty Acids in Lactating Dairy Cows: A Meta-Analysis and Meta-Regressions.” *Journal of Dairy Science* 98 (12); 8889-8903.
- Bergman, E. N. 1990. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*. 70(2): 567–590.
- Badarina, I., Evitayani, dan Yulianti, E. 2014. Pengaruh suplementasi kulit buah kopi terhadap karakteristik fermentasi rumen secara *in vitro*. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 16(2): 123–130.

- Cahyani, R. D., Nuswantara, L. K., dan Subrata, A. 2012. Pengaruh penambahan tanin terhadap konsentrasi NH₃ dan fermentasi rumen secara in vitro. *Animal Agriculture Journal*, 1(1): 339–347.
- Chung, K. T., Lu, Z., & Chou, M. W. 1998. Mechanism of inhibition of tannic acid and related compounds on the growth of intestinal bacteria. *Food and Chemical Toxicology*. 36(12): 1053–1060.
- Dai, X., & Faciola, A. P. 2019. Evaluating the effects of condensed tannins on rumen fermentation, methane production, and nutrient digestibility: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 102(6): 5425–5437.
- Djonu, A., S. Andayani., H. Nusryam. 2020. Pengaruh penambahan daun kelor (*Moringa oleifera*) terfermentasi *Rhizopus oligosporus* terhadap kandungan nutrisi pakan ikan. *Jurnal Aquatik*. 3(2) : 73-78.
- Getachew, G., H. P. S. Makkar, and K. Becker. 2000. Effect of polyethyleneglycol on in vitro degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich broad and herbaceous legumes. *British Journal of Nutrition*, 84(1): 73–83.
- Harahap, N., E. Mirwandhono and N. D. Hanafi. 2017. Uji kecernaan bahan kering, bahan organik, kadar NH₃ dan VFA pada pelepah daun sawit terolah pada sapi secara in vitro. *Jurnal peternakan*, 1 (1): 13-21.
- Hindratiningrum, N., Bata, M., dan Santosa, S. A. 2011. Produk fermentasi rumen dan produksi protein mikroba sapi lokal yang diberi pakan jerami amoniasi dan beberapa bahan pakan sumber energi. *Agripet Vol 11*, (2).
- Holik, Y.L.A., Abdullah, L & Karti, PDMH. Evaluasi nutrisi silase kultivar baru tanaman sorgum (*Sorghum bicolor*) dengan penambahan legum Indigofera sp. Pada taraf berbeda. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 17(2), 38-46. <https://doi.org/10.29244/jintp.17.2.38-46>.
- Jayanegara, A., Togtokhbayar, N., Makkar, H. P. S., & Becker, K. 2009. Tannins determined by various methods as predictors of methane production reduction potential of plants by in vitro rumen fermentation. *Media peternakan (Journal of Animal Science and Technology)*. 32(3): 184–191.
- Lee, S. S., Hsu, J. T., Mantovani, H. C., dan Russell, J. B. 2011. The effect of carbohydrate source on ruminal fermentation characteristics and pH. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(5): 694–701.
- Mayangsari, N., Widyobroto, B. P., dan Soejono, M. 2013. Pengaruh proteksi protein terhadap konsentrasi amonia dan sintesis protein mikroba rumen. *Buletin Peternakan*, 37(2): 89–96.
- Mansay, Yosefa Lestari, Marthen Yunus, and Gusti Ayu Y. Lestari. 2021. “Pengaruh Substitusi Jagung Giling dan Dedak Padi Dengan Tepung sabuk Kelapa Muda Hasil Fermentasi Khamir (*Saccharomyces Cerevisiae*) Terhadap Fermentasi Rumen in Vitro.” *Jurnal Peternakan Lahan Kering* 3 (1): 1217-26.
- McAllister, T. A., Bae, H. D., Jones, G. A., & Cheng, K. J. (2005). Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *Journal of Animal Science*, 73(3), 3004–3013. <https://doi.org/10.2527/1994.7393004x>
- McDonald, P. R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, & C. A Morgan. 2002 *Animal Nutrition* 6th Edition. Longman Scientific and Technical Co. Published in The United States with John Wiley and sons Inc, New York.
- McDonald, P. R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, & C. A Morgan, L A Sinclair, and R G Wilkinson. 2011. “*Animal Nutrition* Essex.” Prentice Hall, Pearson.
- Min, B. R., Barry, T. N., Attwood, G. T., & McNabb, W. C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 106(1-4), 3–19. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00041-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00041-5).
- Mueller-Harvey, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2010–2037. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2577>.
- Patra, A. K., & Saxena, J. 2011. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 91(1): 24–37.

- Sayuti, M. 1989. Biokimia Rumen. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor.
- Sasongko, W. T. 2010. Pengaruh tanin terhadap degradasi protein dan fermentasi rumen pada ternak ruminansia. *Jurnal Ilmu Ternak*, 10(1): 45–52.
- Sagito, N. D., U. H. Tanuwiria, dan Dan R. Hidayat. 2022. “Pengaruh Pemberian Ransum Mengandung Tepung Keong Mas.” *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan* 4(1):10–18.
- Sutardi T. 1977. Ikhtisar Ruminologi. Bahan Penataran. Kursus Peternakan Sapi Perah di Kayu Ambon. Lembang. BPPLP-Ditjen Peternakan-FAO.
- Taopan R. 2018. Kecernaan Bahan Kering, Bahan Organik, Kadar VFA, dan NH₃ secara in vitro silase Campuran Batang Pisang dengan Daun Kelor dengan Rasio yang Berbeda. Skripsi. Fakultas Peternakan Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. (1963). A Two-Stage Technique For The In Vitro Digestion Of Forage Crops. *Journal Of The British Grassland Society*, 18(2), 104-111.
- Usman, Y. 2013. Pengaruh pemberian pakan terhadap nilai pH cairan rumen ternak ruminansia. *Jurnal Agripet*, 13(1): 35–40.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Wang Q, Zeng Y, Zeng X, Wang X, Wang Y, Dai C, Li, J, Huang P, Huang J, Hussain T, Zhu M, & Yang H. 2021. Effects of dietary energy levels on rumen fermentation, gastrointestinal tract histology, and bacterial community diversity in fattening male hu lambs. *Front Microbiol*, 12, 695445. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.695445>.
- Yanza, Y. R. S., Jayanegara, A., & Wina, E. 2021. Effects of tannin-containing plantson rumen fermentation and methane emissions in ruminants: A meta-analysis. *Sustainability*. 13(13): 7410.
- Yanti, N., Sari, D. P., dan Putri, M. E. 2023. Kandungan fitokimia dan aktivitas antioksidan daun kedondong hutan (*Spondias pinnata*). *Jurnal Farmasi Indonesia*, 20(1): 55–63.