

Pengaruh Suplementasi Metionin Terproteksi terhadap Fermentabilitas dan Produksi Gas pada Pakan Sapi Perah secara *In Vitro*

Yusrian Nuranaily Marelsa Putri M. N.^{1*}, Anis Mukhtiani¹

¹Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro
Email: marelsaptr@gmail.com

Abstrak

Fermentabilitas rumen merupakan faktor penting dalam menentukan efisiensi pemanfaatan pakan pada sapi perah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh suplementasi metionin terproteksi terhadap fermentabilitas rumen sapi perah melalui pendekatan *in vitro*. Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan, sehingga diperoleh dua belas unit percobaan. Perlakuan yang diberikan terdiri atas T1 = pakan komplit berprotein rendah tanpa metionin terproteksi, T2 = pakan komplit berprotein rendah disuplementasi metionin terproteksi 0,13%, T3 = pakan komplit berprotein tinggi tanpa metionin terproteksi, dan T4 = pakan komplit berprotein tinggi disuplementasi metionin terproteksi 0,13%. Parameter yang diamati meliputi produksi amonia (NH₃), *Volatile Fatty Acids* (VFA) total, dan gas total. Data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan apabila terdapat perbedaan nyata dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi metionin terproteksi berpengaruh terhadap produksi NH₃, namun tidak berpengaruh terhadap produksi VFA total dan gas total. Perbedaan hasil antar perlakuan diduga dipengaruhi oleh perbedaan kualitas ransum, terutama kadar protein kasar. Suplementasi metionin terproteksi mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen dan aktivitas mikroba rumen, sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi fermentasi pakan pada sapi perah.

Kata kunci: Sapi perah, Pakan komplit, *In vitro*, Fermentabilitas, Metionin terproteksi

Abstract

Rumen fermentability is a crucial factor in determining feed utilization efficiency in dairy cattle. This study aimed to evaluate the effect of rumen-protected methionine supplementation on the rumen fermentability of dairy cows using an in vitro approach. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with four treatments and three replications, resulting in twelve experimental units. The treatments consisted of T1 = low-protein complete feed without rumen-protected methionine, T2 = low-protein complete feed supplemented with 0.13% rumen-protected methionine, T3 = high-protein complete feed without rumen-protected methionine, and T4 = high-protein complete feed supplemented with 0.13% rumen-protected methionine. The parameters observed included ammonia (NH₃) production, total volatile fatty acids (VFA), and total gas production. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), and significant differences among treatments were further tested using Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The results showed that rumen-protected methionine supplementation affected NH₃ production, but did not influence total VFA and total gas production. Differences among treatments were likely influenced by variations in diet quality, particularly crude protein content. Rumen-protected methionine supplementation increased nitrogen availability and rumen microbial activity, indicating its potential to improve feed fermentation efficiency in dairy cattle.

Keywords: Dairy cattle, Complete feed, In vitro, Fermentability, Rumen-protected methionine

PENDAHULUAN

Peningkatan produktivitas sapi perah menjadi salah satu fokus utama dalam pembangunan sektor peternakan, baik di tingkat global maupun nasional. Secara global, kebutuhan akan susu terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya asupan protein hewani berkualitas (FAO, 2022). Di sisi lain, tantangan dalam produksi susu berkaitan erat dengan efisiensi pakan dan optimalisasi proses fermentasi rumen yang berpengaruh langsung terhadap ketersediaan energi dan protein bagi ternak ruminansia (Yuniarti *et al.*, 2025). Proses fermentasi rumen yang efisien tidak hanya meningkatkan performa produksi, tetapi juga dapat mengurangi limbah nitrogen dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas mikroba rumen (Yanuartono *et al.*, 2019).

Di tingkat nasional, produktivitas sapi perah di Indonesia masih tergolong rendah, dengan rata-rata produksi susu berkisar 10–12 liter per ekor per hari, jauh di bawah potensi genetiknya yang dapat mencapai lebih dari 20 liter per hari (Anugrah *et al.*, 2021). Salah satu faktor penyebab rendahnya produktivitas tersebut adalah ketidakseimbangan nutrisi dalam pakan, terutama dalam hal ketersediaan asam amino esensial yang dibutuhkan untuk sintesis protein susu (Fajar *et al.*, 2024). Pemberian pakan berbasis pakan komplit telah menjadi salah satu strategi untuk menyediakan nutrisi seimbang, namun efisiensi pemanfaatan protein dalam rumen sering kali masih belum optimal akibat degradasi protein yang tinggi oleh mikroba rumen (Zahera *et al.*, 2020).

Metionin merupakan salah satu asam amino esensial pembatas utama pada sapi perah yang berperan penting dalam sintesis protein dan metabolisme energi (Son *et al.*, 2020). Namun, sebagian besar metionin yang dikonsumsi akan terdegradasi di rumen sebelum diserap di usus halus, sehingga diperlukan strategi untuk melindungi metionin agar dapat mencapai tempat absorpsi. Penggunaan metionin terproteksi (*protected methionine*) menjadi salah satu pendekatan yang efektif untuk meningkatkan ketersediaan asam amino tersebut pada tingkat pasca-rumen (Talapessy *et al.*, 2024). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa suplementasi metionin terproteksi mampu meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen, memperbaiki aktivitas mikroba rumen, dan meningkatkan kinerja produksi sapi perah (Wiyatna *et al.*, 2016). Namun, pengaruhnya terhadap fermentabilitas rumen, khususnya terhadap parameter produksi *Volatile Fatty Acids* (VFA), amonia (NH₃), dan gas total masih menunjukkan hasil yang bervariasi tergantung pada kondisi protein basal pakan yang digunakan.

Penelitian *in vitro* merupakan metode rumen buatan, menggunakan tabung fermentor yang meniru kondisi di dalam rumen. Melalui metode *in vitro* pengamatan terhadap aktivitas fermentasi rumen lebih terkendali, sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi pengaruh suplementasi metionin terproteksi pada kualitas pakan berbeda, baik dengan kadar protein kasar rendah maupun tinggi. Penelitian secara *in vitro* relevan untuk memahami interaksi antara sumber nitrogen, aktivitas mikroba, dan efisiensi fermentasi pada tingkat laboratorium sebelum diterapkan secara *in vivo* pada ternak (Scicutella *et al.*, 2025). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh suplementasi metionin terproteksi terhadap produksi VFA total, NH₃, dan gas total pada pakan sapi perah secara *in vitro*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai efektivitas penggunaan metionin terproteksi dalam meningkatkan efisiensi fermentasi rumen dan pemanfaatan nutrisi pada sapi perah.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif eksperimental yang dilakukan pada bulan Juni–Agustus 2025 di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suplementasi metionin terproteksi terhadap produksi *Volatile Fatty Acids* (VFA) total, amonia (NH₃), dan gas total pada pakan sapi perah secara *in vitro*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan, sehingga diperoleh 12 unit percobaan. Perlakuan yang diberikan terdiri atas T1= pakan komplit berprotein rendah tanpa metionin terproteksi, T2= pakan komplit berprotein rendah disuplementasi metionin terproteksi 0,13%, T3= pakan komplit berprotein tinggi tanpa metionin terproteksi, dan T4= pakan komplit berprotein tinggi disuplementasi metionin terproteksi 0,13%.

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan. Alat yang digunakan berupa saringan dengan tingkat kehalusan 60 *mesh*, timbangan analitik, grinder, termos, corong, kain saring, sarung tangan lateks, tabung fermentor beserta tutup karetanya, tabung fermentor dan tutupnya, rak tabung dan tutup tabung yang dilengkapi dengan selang karet, termometer, *water bath*, baskom, pompa vakum, loyang, *freezer*, *centrifuge* dan tabung beserta penutupnya, spatula, oven, kertas minyak, tangkrus, tanur, cawan *Conway*, labu *erlenmeyer*, *syringe*, botol plastik, tabung suling khusus, labu suling, pendingin tegak (*Leibig*), pipet ukur, pipet tetes, tabung titrasi, penyangga titrasi, pH meter, kompor, gelas beaker 250 ml, gelas ukur 10 ml dan 50 ml, spuit ukuran 1 ml dan 5 ml serta alat tulis.

Bahan yang digunakan, yaitu sampel pakan komplit dengan kandungan PK rendah dan tinggi serta suplementasi metionin terproteksi 0,13%, rumen sapi, air hangat dengan suhu berkisar 39°C, air es, larutan *McDougall*, gas CO₂, asam borat (H₃BO₃), natrium karbonat (Na₂CO₃), vaselin, indikator *methyl red* dan *bromocresol green* (BCG), asam sulfat (H₂SO₄) 15% dan H₂SO₄ 0,005 N, asam klorida (HCl) 0,5 N, NaOH 0,5 N, aquades, dan indikator *phenolphthalein* (PP) 1%. Analisis dilakukan melalui tahap persiapan sampel, pelaksanaan *in vitro*, dan pengukuran parameter VFA total, NH₃, dan gas total. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf signifikansi 5%, apabila terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Kandungan nutrisi pakan komplit perlakuan tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Nutrien Pakan Komplit

Kandungan Nutrien	T1	T2	T3	T4
	-----%BK-----			
Kadar Air (KA)	8,16	7,66	6,62	5,78
Bahan Kering (BK)	91,48	92,34	93,38	94,22
Bahan Organik (BO)	82,93	83,28	85,13	88,88
Kadar Abu (Abu)	8,91	9,06	8,25	10,77
Protein Kasar (PK)	7,21	12,31	15,35	16,40
Lemak Kasar (LK)	3,72	3,17	4,09	3,90
Serat Kasar (SK)	24,36	20,27	12,33	12,40
BETN	55,80	55,19	59,99	56,53
TDN	63,24	67,05	72,81	70,90

Keterangan: Ransum dianalisis proksimat di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro (2025). T1= pakan komplit berprotein rendah tanpa *metionin terproteksi*; T2= pakan komplit berprotein rendah disuplementasi *metionin terproteksi* 0,13%; T3= pakan komplit berprotein tinggi tanpa *metionin terproteksi*; T4= pakan komplit berprotein tinggi disuplementasi *metionin terproteksi* 0,13%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi metionin terproteksi pada pakan sapi perah secara *in vitro* berpengaruh nyata terhadap produksi NH₃. Namun, tidak berpengaruh nyata terhadap produksi VFA total dan gas total. Rata-rata produksi NH₃, VFA total, dan gas total tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-Rata Produksi NH₃, VFA Total, dan Gas Total dengan Suplementasi Metionin Terproteksi yang Berbeda secara *In Vitro*

Parameter	Perlakuan				P Value
	T1	T2	T3	T4	
NH ₃ (mM)	4,77 ± 0,32 ^c	6,60 ± 0,55 ^b	4,58 ± 0,32 ^c	7,70 ± 0,55 ^a	0,000
VFA Total (mM)	122,33 ± 6,81 ^b	131,00 ± 10,15 ^{ab}	140,00 ± 10,00 ^a	143,33 ± 5,77 ^a	0,058
Gas Total (ml)	25,33 ± 2,52 ^b	24,33 ± 1,15 ^b	30,00 ± 1,00 ^a	28,33 ± 0,58 ^a	0,006

Keterangan: ^{abc} Superskrip pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$)

T1= pakan komplit berprotein rendah tanpa *metionin terproteksi*; T2= pakan komplit berprotein rendah disuplementasi *metionin terproteksi* 0,13%; T3= pakan komplit berprotein tinggi tanpa *metionin terproteksi*; T4= pakan komplit berprotein tinggi disuplementasi *metionin terproteksi* 0,13%

Produksi Amonia (NH₃)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi metionin terproteksi pada pakan komplit berkadar protein rendah dan tinggi berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap produksi amonia (NH₃). Nilai rata-rata produksi NH₃ berkisar antara 4,58–7,70 mM. Rentang tersebut masih berada dalam kisaran optimal untuk mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroba rumen yaitu antara 4–12 mM (Taopan *et al.*, 2019), di mana nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan T4 (7,70 mM). Jemiman *et al.* (2025) menyatakan bahwa NH₃ dihasilkan melalui proses perombakan protein oleh enzim proteolitik yang diproduksi bakteri proteolitik menghasilkan peptida dan asam amino, selanjutnya sebagian besar mengalami deaminasi, sehingga terbentuk NH₃. NH₃ merupakan sumber nitrogen utama bagi sintesis asam amino mikroba rumen (Imanda *et al.*, 2016). Produksi NH₃ yang diperoleh dalam penelitian ini masih dalam kisaran normal menandakan bahwa degradasi protein berlangsung seimbang dan fermentasi rumen berjalan efisien. Hal ini sesuai dengan pendapat Lina *et al.* (2023) bahwa produksi NH₃ yang ideal menunjukkan bahwa proses fermentasi protein berlangsung secara efisien menyediakan nitrogen yang cukup bagi mikroba untuk melakukan sintesis protein mikroba.

Produksi NH₃ perlakuan yang disuplementasi metionin terproteksi (T2 dan T4) lebih tinggi dibanding perlakuan tanpa suplementasi (T1 dan T3). Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat proteksi metionin tidak sepenuhnya 100%, di mana sebagian kecil asam amino tetap terdegradasi di dalam rumen yang menyebabkan peningkatan produksi NH₃. Pelepasan NH₃ dan asam alfa keto hasil degradasi tersebut langsung dimanfaatkan oleh mikroba untuk sintesis protein. Hubungan antara produksi VFA dan NH₃ menunjukkan bahwa ketika VFA meningkat, maka populasi mikroba proteolitik juga meningkat,

sehingga mendukung peningkatan ketersediaan degradasi protein menjadi nitrogen NH_3 (Qori'ah *et al.*, 2016).

Nilai NH_3 yang relatif rendah pada perlakuan T1 dan T3 diduga disebabkan oleh keterbatasan sumber nitrogen akibat kadar protein pakan yang lebih rendah dan aktivitas degradasi protein yang tidak optimal. Sebaliknya, pada T4 yang menggunakan pakan berprotein tinggi bersuplementasi metionin terproteksi terdapat ketersediaan nitrogen meningkat, sehingga bakteri proteolitik dapat berkembang lebih baik. Hal ini mengindikasikan adanya interaksi antara kadar protein pakan dan efektivitas metionin terproteksi dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan nitrogen (Zahera *et al.*, 2020). Suplementasi asam amino, khususnya metionin terproteksi mampu meningkatkan keseimbangan antara degradasi protein dan sintesis protein mikroba apabila didukung oleh kadar protein pakan yang memadai (Cabezas *et al.*, 2023). NH_3 dimanfaatkan oleh mikroba rumen sebagai sumber nitrogen untuk pertumbuhan dan pembentukan protein mikroba serta berperan sebagai sumber nitrogen untuk sekresi saliva. Semakin tinggi konsentrasi NH_3 dalam batas optimal, maka semakin banyak protein mikroba yang terbentuk dan berkontribusi terhadap pasokan protein bagi tubuh ternak (Prayitno *et al.*, 2018). Faktor – faktor yang mempengaruhi konsentrasi NH_3 dalam rumen, meliputi jenis dan komposisi pakan, kadar serta kelarutan protein, dan tingkat degradasi protein selama proses fermentasi (Nurjannah dan Suryanah, 2025). Secara keseluruhan, suplementasi metionin terproteksi mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan nitrogen dan mendukung aktivitas fermentasi mikroba rumen.

Produksi VFA Total

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi metionin terproteksi pada pakan komplit berkadar protein rendah dan tinggi berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap produksi VFA total. Rata – rata produksi VFA total berkisar antara 123,33–143,33 mM. Rata-rata produksi VFA total tertinggi diperoleh pada T4 (143,33 mM), sedangkan terendah pada T1 (122,33 mM). Rentang nilai VFA total yang dihasilkan pada penelitian ini termasuk berada dalam kisaran normal fermentasi rumen yaitu 80–160 mM (Puay *et al.*, 2023). Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan T1 dan T2 tidak berbeda nyata, demikian juga dengan perlakuan T3 dan T4 menunjukkan bahwa suplementasi metionin terproteksi belum mampu meningkatkan produksi VFA total. Hal ini menggambarkan bahwa meskipun tingkat proteksi metionin tidak sepenuhnya 100%, di mana sebagian kecil asam amino tetap terdegradasi di dalam rumen, namun masih belum mampu mempengaruhi

aktivitas mikroba rumen dalam mendegradasi karbohidrat khususnya serat kasar. Kusuma *et al.* (2025) menyatakan bahwa metionin berfungsi sebagai asam amino esensial yang dibutuhkan untuk sintesis protein mikroba, sehingga keberadaannya dapat mempercepat proses fermentasi karbohidrat menjadi VFA. Namun, diduga jumlah metionin yang terdegradasi di dalam rumen belum mencukupi kebutuhan mikroba, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba.

Produksi VFA total T3 dan T4 yang lebih tinggi dibanding T1 dan T2 menggambarkan bahwa peningkatan produksi VFA total dipengaruhi oleh kadar protein pakan yang tinggi. Rata-rata produksi VFA total yang rendah pada T1 dan T2 diduga karena ketersediaan nitrogen yang terbatas bagi pertumbuhan mikroba, sehingga proses fermentasi karbohidrat dan pembentukan VFA berlangsung lebih lambat. Hal ini sesuai dengan pendapat (Rahayu *et al.*, 2018) bahwa VFA merupakan hasil utama dari fermentasi karbohidrat oleh mikroba rumen yang berperan sebagai sumber energi utama bagi ternak ruminansia dan sumber kerangka karbon untuk sintesis protein mikroba. Sebagian besar VFA dihasilkan dari fermentasi karbohidrat berserat oleh bakteri selulolitik dan sebagian lainnya berasal dari aktivitas bakteri amilolitik dan lipolitik. Selain itu, VFA sebagian besar berasal dari protein pakan (Rahman *et al.*, 2020).

Produksi VFA total T3 dan T4 yang tinggi disebabkan kandungan protein yang tinggi. Protein di dalam rumen akan didegradasi oleh bakteri proteolitik menghasilkan NH_3 . Selanjutnya NH_3 dan VFA total yang terbentuk digunakan oleh mikroba rumen untuk sintesis protein guna pertumbuhannya. Populasi mikroba yang meningkat akan meningkatkan aktivitasnya dalam mendegradasi pakan berserat, sehingga produksi VFA lebih tinggi. Secara keseluruhan, peningkatan VFA total pada perlakuan pakan komplit berprotein tinggi menunjukkan bahwa kombinasi pasokan energi dan nitrogen lebih seimbang, sehingga mampu mengoptimalkan populasi mikroba dan fermentasi pakan di dalam rumen (Wiyatna *et al.*, 2016). Produksi VFA total dipengaruhi oleh aktivitas bakteri rumen karena peningkatan jumlah bakteri selulolitik yang berperan dalam mencerna serat kasar akan meningkatkan pembentukan VFA total, sebaliknya ketika produksi VFA total dan NH_3 rendah, populasi mikroba cenderung menurun dan proses degradasi pakan menjadi lebih lambat. Meskipun demikian, apabila dibandingkan antara perlakuan pakan komplit berprotein rendah dan tinggi, maka didapat peningkatan produksi VFA total pada pakan berprotein rendah sebanyak 7%, sedangkan pakan berprotein tinggi sebanyak 2%.

Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan suplementasi metionin terproteksi lebih efisien diberikan pada pakan komplit berprotein rendah.

Produksi Gas Total

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap produksi gas total, namun peningkatan tersebut tidak disebabkan oleh suplementasi metionin terproteksi, melainkan oleh perbedaan kadar protein pakan karena tidak meningkatkan fermentabilitas pakan, terutama karbohidrat. Nilai rata – rata produksi gas total berkisar antara 24,33 – 30,00 ml. Produksi gas T3 dan T4 lebih tinggi dibanding T1 dan T2. Hal ini menunjukkan bahwa pakan dengan kadar protein tinggi pada T3 dan T4 menghasilkan aktivitas fermentasi yang lebih besar dibandingkan pakan berprotein rendah pada T1 dan T2. Produksi gas total mencerminkan aktivitas mikroba rumen dalam mendegradasi bahan organik menjadi produk fermentasi, seperti VFA, CO_2 , dan H_2 . Hal ini sesuai dengan pendapat Hikmawan *et al.* (2019) bahwa produksi gas total merupakan produk samping dari proses fermentasi yang terjadi di dalam rumen. Jumlah gas yang dihasilkan mencerminkan aktivitas degradasi oleh mikroba rumen, di mana karbohidrat dihidrolisis menjadi monosakarida dan disakarida, kemudian difermentasi menjadi VFA, terutama asetat dan butirir (Putri *et al.*, 2023). Selain karbohidrat, protein juga mengalami degradasi yang turut menghasilkan gas, meskipun dalam jumlah yang lebih kecil. Tingginya produksi gas total menunjukkan banyaknya bahan organik yang dapat dicerna oleh mikroba rumen, sehingga terdapat korelasi positif antara produksi gas total dan tingkat fermentabilitas pakan di dalam rumen. Hal ini sesuai dengan pendapat Hariyani *et al.* (2019) bahwa semakin tinggi produksi gas, maka semakin besar pula nilai pencernaan pakan di dalam rumen. Gas yang dihasilkan selama proses fermentasi terdiri atas sekitar 56% CO_2 , 32% CH_4 , 8,5% N_2 , dan 3,5% O_2 (Addawiyah *et al.*, 2021). Gas total yang lebih tinggi pada pakan berprotein tinggi menunjukkan bahwa ketersediaan nitrogen dari protein mendukung pertumbuhan mikroba fermentatif, sehingga meningkatkan degradasi karbohidrat dan protein. Hal ini sesuai dengan pendapat Pang *et al.* (2024) bahwa peningkatan kadar protein pada pakan mampu mendukung peningkatan populasi bakteri yang lebih banyak. Suplementasi metionin terproteksi pada kedua taraf protein tidak menunjukkan peningkatan produksi gas total yang signifikan. Pada T2 pakan berprotein rendah, suplementasi metionin terproteksi tidak memperbaiki aktivitas fermentasi karena keterbatasan nitrogen dalam substrat. Produksi gas total lebih dipengaruhi oleh kadar protein pakan dibandingkan suplementasi metionin terproteksi. Hal ini sesuai dengan

pendapat Sairullah *et al.* (2016) bahwa efisiensi fermentasi rumen dipengaruhi oleh rasio protein terhadap energi dan kemampuan mikroba dalam memanfaatkan nitrogen untuk bersintesis. Kualitas ransum dan ketersediaan nitrogen merupakan faktor utama yang menentukan intensitas fermentasi dan jumlah gas yang dihasilkan selama proses fermentasi rumen *in vitro*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Suplementasi metionin terproteksi pada pakan sapi perah secara *in vitro* mampu meningkatkan produksi NH₃, namun belum mampu meningkatkan produksi VFA total dan gas total. Peningkatan VFA total dan gas total meningkat sejalan dengan peningkatan protein pakan komplit. Disarankan suplementasi metionin terproteksi hanya diberikan pada pakan komplit berprotein rendah untuk memberikan hasil fermentasi yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Addawiyah, N. R., Ayuningsih, B., Budiman, A., & Hernaman, I. (2021). Produksi gas pada ransum domba berbasis rumput gajah cv Mott dan leguminosa pohon. *Jurnal Sumber Daya Hewan*, 2(2), 30. <https://doi.org/10.24198/jsdh.v2i2.35069>
- Anugrah, I. S., Purwantini, T. B., & Erwidodo, N. (2021). Inovasi kemitraan usaha ternak sapi perah di Pangalengan-Bandung Selatan. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 19(1), 1–18. <https://doi.org/10.21082/akp.v19n1.2021.1-18>
- Cabezas, A., De la Fuente, J., Díaz, M. T., Bermejo-Poza, R., del Olmo, D. M., Mateos, J., Llanes, N., & Jimeno, V. (2023). Effect of the inclusion of rumen-protected amino acids in the diet of growing beef cattle on animal performance and meat quality. *Frontiers in Animal Science*, 4, 1269775. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1269775>
- Fajar, M. S. R., & Haryuni, N. (2024). Effect of silage feeding on the production performance of dairy cattle in UD Sultoni. *Journal of Animal Science*, 1(1), 49–56.
- FAO. (2022). *World food and agriculture – Statistical yearbook 2022*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2211en>
- Hariyani, O., & Chuzaemi, S. (2019). Pengaruh lama fermentasi ampas putak (*Corypha gebanga*) terhadap produksi gas dan nilai pencernaan secara *in vitro* menggunakan *Aspergillus oryzae*. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 2(1), 53–62.
- Hikmawan, D., Erwanto, M., & Fathul, F. (2019). Pengaruh substitusi rumput laut (*Euclima cottonii*) dalam pakan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap konsentrasi VFA parsial dan estimasi produksi gas metana secara *in-vitro*. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 3(1), 12–18.
- Imanda, S., Effendi, Y., & Sugoro, I. (2016). Evaluasi *in vitro* silase sinambung sorgum varietas Samurai 2 yang mengandung probiotik BIOS K2 dalam cairan rumen kerbau. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 12(1), 1–12.

- Jemiman, M. A. A., Oematan, G., Lestari, G. A. Y., & Kleden, M. M. (2025). Pengaruh pemberian silase pakan komplit dari berbagai hijauan dengan penambahan konsentrat mengandung ZnSO₄ dan Zn-Cu isoleusinat terhadap fermentasi rumen (pH, VFA dan NH₃) pada kambing Kacang. *Animal Agricultura*, 2(3), 858–869. <https://doi.org/10.59891/animacultura.v2i3.111>
- Kusuma, Y. T., Santosa, P. E., Ermawati, R., & Suharyati, S. (2025). Pengaruh penambahan milk replacer dalam ransum terhadap total protein plasma dan glukosa darah kambing Cross Boer jantan. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 9(2), 299–312. <https://doi.org/10.23960/jrip.2025.9.2.299-312>
- Lina, C. M., Hilakore, M. A., Lestari, G. A. Y., & Lawa, E. D. W. (2023). Silase isi rumen sapi dengan level mikroorganisme lokal yang berbeda terhadap kandungan protein, serat, VFA dan NH₃ secara *in-vitro*. *Jurnal Peternakan Lahan Kering*, 5(2), 267–278.
- Nurjannah, S., & Suryanah, S. (2025). Utilization of papaya waste as dairy cattle feed on fermentability value (*in vitro*). *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 13(1), 70–81.
- Pang, K., Wang, J., Chai, S., Yang, Y., Wang, X., Liu, S., Ding, C., & Wang, S. X. (2024). Ruminal microbiota and muscle metabolome characteristics of Tibetan plateau yaks fed different dietary protein levels. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1275865. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1275865>
- Prayitno, R. S., Wahyono, F., & Pangestu, E. (2018). Pengaruh suplementasi sumber protein hijauan leguminosa terhadap produksi amonia dan protein total ruminal secara *in vitro*. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 20(2), 116–123.
- Puay, D., Oematan, G., Amalo, D., & Benu, I. (2023). Pengaruh substitusi silase rumput kume dengan fodder jagung hidroponik terhadap konsumsi dan pencernaan karbohidrat, konsentrasi *volatile fatty acid* dan kadar glukosa darah kambing Kacang jantan. *Animal Agricultura*, 1(1), 24–35.
- Putri N, D. L., Sutrisna, R., Fathul, F., & Liman, L. (2023). Pengaruh pengolahan amoniasi, fermentasi, dan amofer kelobot jagung terhadap konsentrasi VFA total, NH₃, dan produksi gas total secara *in vitro*. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 7(1), 84–93. <https://doi.org/10.23960/jrip.2023.7.1.84-93>
- Qori'ah, A., & Surono, S. (2016). Sintesis protein mikroba dan aktivitas selulolitik akibat penambahan level zeolit sumber nitrogen *slow release* pada glukosa murni secara *in vitro*. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 26(2), 1–7.
- Rahayu, R. I., Subrata, A., & Achmadi, J. (2018). Fermentabilitas ruminal *in vitro* pada pakan berbasis jerami padi amoniasi dengan suplementasi tepung bonggol pisang dan molases. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 20(3), 166–174.
- Rahman, A., Sunarso, S., Tampoebolon, B. I. M., & Nuswantara, L. K. (2020). Pengaruh perbedaan aras starter pada fermentasi sabut kelapa terhadap pencernaan bahan pakan dan produksi *volatile fatty acids* secara *in vitro*. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 8(2), 66–71.

- Sairullah, P., Chuzaemi, S., & Sudarwati, H. (2016). Effect of flour and papaya leaf extract (*Carica papaya* L.) in feed to ammonia concentration, volatile fatty acids and microbial protein synthesis *in vitro*. *Journal of Tropical Animal Production*, 17(2), 66–73.
- Scicutella, F., Foggi, G., Daghighi, M., Mannelli, F., Viti, C., Mele, M., & Buccioni, A. (2025). A review of *in vitro* approaches as tools for studying rumen fermentation and ecology: Effectiveness compared to *in vivo* outcomes. *Italian Journal of Animal Science*, 24(1), 589–608. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2463507>
- Son, D. K., Lisnahan, C. V., & Nahak, O. R. (2020). The effect of DL-methionine supplementation on body weight gain, feed consumption and feed efficiency of broilers. *Journal of Tropical Animal Science and Technology*, 2(2), 37–44. <https://doi.org/10.32938/jtast.v2i2.583>
- Talapessy, C., Rahayuningsih, M., Fidriyanto, R., Fitri, A., & Ridwan, R. (2024). Daya cerna dan karakteristik fermentasi rumen dengan penambahan asam amino terenkapsulasi secara *in vitro*. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 22(2), 85–90. <https://doi.org/10.29244/jintp.22.2.85-90>
- Taopan, U. R., Hartati, E., & Lestari, G. A. Y. (2019). Pengaruh substitusi dedak padi dengan tepung kulit pisang hasil fermentasi terhadap pH, *volatile fatty acids* (VFA) dan amonia (NH₃) secara *in vitro*. *Jurnal Peternakan Lahan Kering*, 1(3), 437–444.
- Wiyatna, M. F., & Hernaman, I. (2016). Pengaruh suplementasi metionin-CPO dalam ransum terhadap performa domba. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 16(2).
- Yanuartono, Y., Nururrozi, A., Indarjulianto, S., & Purnamaningsih, H. (2019). Peran protozoa pada pencernaan ruminansia dan dampak terhadap lingkungan. *Journal of Tropical Animal Production*, 20(1), 16–28. <https://doi.org/10.21776/ub.jtapro.2019.020.01.3>
- Yuniarti, E., Mutaqin, B. K., & Tasripin, D. S. (2025). Kualitas susu sapi perah yang diberi imbuhan probiotik cairan bioproses tebon jagung. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 6(1), 1–12. <https://doi.org/10.24198/jthp.v6i1.60001>
- Zahera, R., Anggraeni, D., Rahman, Z. A., & Evvyernie, D. (2020). Pengaruh kandungan protein ransum yang berbeda terhadap pencernaan dan fermentabilitas rumen sapi perah secara *in vitro*. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 18(1), 1–6. <https://doi.org/10.29244/jintp.18.1.1-6>