

PENGARUH FORTIFIKASI MINERAL MAGNESIUM DAN SULFUR DALAM PAKAN TERHADAP KECERNAAN SERAT KASAR DAN PRODUKSI GAS METAN SECARA IN VITRO

EFFECT OF MAGNESIUM AND SULFUR MINERAL FORTIFICATION IN FEED ON CRUDE FIBER DIGESTIBILITY AND METHANE GAS PRODUCTION IN VITRO

**Hamman Faturahman Yusuf, Fransisca Maria Suhartati, dan Tri Rachmanto
Prihambodo***

Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

*email korespondensi: tri.rachmanto@unsoed.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20884/1.angon.2025.7.1.p56-65>

ABSTRAK

Judul. Penelitian ini berjudul pengaruh fortifikasi mineral magnesium dan sulfur dalam pakan terhadap pencernaan serat kasar dan produksi gas metan secara *in vitro*. Latar Belakang. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh fortifikasi mineral magnesium dan sulfur dalam pakan terhadap pencernaan serat kasar dan produksi gas metan secara *in vitro* telah dilaksanakan pada 16 November – 15 Desember 2025. Materi dan Metode. Pakan yang diberikan berupa jerami padi amoniasi (50%) dan konsentrat (50%). Metode eksperimental secara *in vitro* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) one way classification. Hasil. Rata-rata pencernaan serat kasar pada penelitian ini yaitu sebesar 34,33 – 59,31 %. Rata-rata produksi gas metan yaitu 3,22 – 1,05 mM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fortifikasi mineral magnesium dan sulfur dalam pakan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap pencernaan serat kasar dan produksi gas metan. Hasil uji BNJ pencernaan serat kasar tertinggi dicapai pada pakan yang difortifikasi mineral magnesium dan sulfur (P2) yaitu sebesar $59,31 \pm 3,51$ % dan produksi gas metan terendah dicapai pada pakan yang difortifikasi mineral magnesium dan sulfur (P2) yaitu sebesar $1,05 \pm 0,33$ mM. Simpulan. Fortifikasi mineral magnesium 0,11% (BK) dan sulfur 0,83% (BK) dalam pakan yang terdiri dari jerami padi amoniasi dan konsentrat denganimbangan 50 : 50 dapat meningkatkan pencernaan serat kasar dan menurunkan produksi gas metan.

Kata kunci: Fortifikasi, magnesium, sulfur, pencernaan serat kasar, produksi gas metan.

ABSTRACT

Heading. This study is entitled the effect of magnesium and sulfur mineral fortification in feed on crude fiber digestibility and methane gas production in vitro. Background. This study aims to determine the effect of mineral fortification of magnesium and sulfur in feed on crude fiber digestibility and methane gas production in vitro has been carried out on November 16 - December 15, 2025. Materials and Methods. The feed was ammoniated rice straw (50%) and concentrate (50%). Experimental method in vitro using a completely randomized design (CRD) one way classification. Results. The average digestibility of crude fiber in this study was 34.33 - 59.31%. The average methane gas production was 3.22 - 1.05 mM. The results showed that fortification of magnesium and sulfur minerals in feed had a very significant effect ($P < 0.01$) on crude fiber digestibility and methane gas production. The results of the HSD test showed that the highest crude fiber digestibility was achieved in feed fortified with magnesium and sulfur minerals (P2) at 59.31 ± 3.51 %

and the lowest methane gas production was achieved in feed fortified with magnesium and sulfur minerals (P2) at 1.05 ± 0.33 mM. Conclusion. Mineral fortification of magnesium 0.11% (DM) and sulfur 0.83% (DM) in feed consisting of ammoniated rice straw and concentrate at a ratio of 50: 50 can increase crude fiber digestibility and reduce methane gas production.

Keywords: Fortification, magnesium, sulfur, crude fiber digestibility, methane gas production.

PENDAHULUAN

Budidaya domba di Indonesia umumnya dilakukan oleh peternak pedesaan dengan skala usaha kecil sebagai kegiatan sampingan. Pemeliharaannya masih tradisional, di mana domba sering dipelihara sebagai tabungan yang dapat dijual sewaktu-waktu. Domba memiliki potensi besar dalam memenuhi kebutuhan protein hewani di Indonesia, hanya saja pemberian pakan pada domba biasa diberikan tanpa memperhitungkan kebutuhan nutrisi yang memadai, hanya dengan mencari rumput/hijauan setiap hari sehingga ketersediaannya terbatas. Keterbatasan hijauan pakan ternak (HPT) diperparah oleh alih fungsi lahan HPT menjadi lahan pertanian, pemukiman, dan area komersial menyebabkan ketersediaan hijauan tidak berkelanjutan (Suningsih *et al.*, 2019). Alternatif yang sering digunakan adalah dengan pemanfaatan limbah pertanian sebagai pengganti pakan hijauan, antara lain jerami padi.

Jerami padi merupakan salah satu hasil samping dari produk padi yang secara kuantitas memiliki potensi besar sebagai pengganti pakan hijauan ternak ruminansia. Meskipun demikian, jerami padi tergolong pakan berkualitas rendah. Hal ini dikarenakan kandungan lignin pada jerami menyebabkan terbentuknya ikatan lignoselulosa dan lignohemiselulosa, sehingga proses pencernaan selulosa dan hemiselulosa oleh mikroba rumen terhambat. Masalah ini dapat diatasi dengan sentuhan teknologi yaitu amoniasi sehingga serat-serat jerami padi menjadi lunak (proses swollen) dan menjadi lebih mudah untuk mikroba rumen dalam mendegradasi jerami, karena amoniak berperan untuk menghidrolisis ikatan lignoselulosa dan lignohemiselulosa dan memuaikan serat selulosa (Amin *et al.*, 2016). Yanuartono *et al.* (2019) menyatakan bahwa metode amoniasi menggunakan urea untuk meningkatkan pencernaan pakan berserat, namun memiliki resiko keracunan jika adaptasi pemberian urea terlalu singkat dan pakan memiliki konsentrasi urea yang tinggi dengan kandungan energi dan protein yang rendah. Hal tersebut menyebabkan ternak tidak didapat diberi pakan jerami padi amoniasi saja. Penggunaan konsentrat dapat menutupi kurangnya nutrisi dalam jerami padi sehingga mengurangi jumlah penggunaan jerami padi amoniasi.

Walaupun dengan teknologi amoniasi, kualitas jerami padi masih terbelang rendah dan pemberian konsentrat juga belum dapat memenuhi kebutuhan mineral seperti magnesium dan sulfur. Gaina *et al.* (2022) menyatakan bahwa kandungan mineral pada jerami padi jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan leguminosa dan rumput-rumputan. Shoaib *et al.* (2018) menyatakan bahwa kandungan magnesium dan sulfur pada jerami padi adalah 0,11% dan 0,08% berdasarkan bahan kering. Menurut NRC (1985) kebutuhan magnesium (Mg) pada domba sebesar 0,12-0,18%, sementara kebutuhan sulfur sekitar 0,9% dari bahan kering (Suhartati, 1997). Kekurangan mineral ini dapat menyebabkan terjadinya defisiensi nutrisi pada domba.

Peran magnesium dan sulfur dalam saluran pencernaan ruminansia akan meningkatkan proses fermentasi sehingga serat kasar akan lebih cepat tercerna yang dapat dilihat dari kecernaan serat kasar. Fermentasi tersebut akan menghasilkan energi untuk digunakan pada sintesis protein mikroba dan VFA untuk ternak inangnya. Kecernaan serat kasar yang tinggi biasanya diiringi dengan peningkatan produksi gas metan karena proses fermentasi serat kasar juga menghasilkan H₂. H₂ akan dimanfaatkan oleh bakteri metanogenik untuk memproduksi gas metan. Oleh karena itu, kecernaan serat kasar yang tinggi berkorelasi positif dengan produksi gas metan, namun hal tersebut dapat terjadi sebaliknya karena menurut Wu *et al.* (2021) bahwa penggunaan sulfur dapat menghambat produksi CH₄ karena bakteri pereduksi sulfat (SRB) dan bakteri metanogenik bersaing untuk mendapatkan substrat H₂ yang sama. Pengaruh dari suplementasi magnesium (Mg) dapat meningkatkan populasi bakteri metanogen, namun magnesium juga menyebabkan lebih banyak propionat yang dihasilkan (Wang *et al.*, 2017).

MATERI DAN METODE

Materi penelitian yang akan digunakan dalam penelitian adalah cairan rumen yang berasal dari domba potong sebanyak 3 ekor yang diperoleh dari Rumah Potong Hewan (RPH) Sokaraja, segera setelah domba dipotong. Pakan terdiri dari jerami padi amoniasi dan konsentrat dengan perbandingan 50:50, Jerami amoniasi (50%) + konsentrat (50%) berdasarkan BK. Konsentrat tersusun atas dedak 35%, onggok 20%, bungkil kelapa 15%, bungkil kedelai 10%, jagung giling 19%, dan mineral mix 1%. Seperangkat alat in vitro: shaker water bath, tabung Erlenmayer, kertas saring Whatman no. 41, timbangan analitik, oven, cawan porselin. Alat untuk analisis kecernaan serat kasar yaitu tabung Erlenmayer, timbangan analitik, kompor listrik, cawan porselin, gelas ukur, tang penjepit, oven, tanur, desikator. Alat untuk analisis produksi gas metan yaitu seperangkat alat gas chromatography. Bahan yang digunakan untuk in vitro yaitu larutan Mc Dougalls, gas CO₂, HgCl₂ jenuh. Bahan untuk analisis kecernaan serat kasar: pepsin HCl 0,3%, H₂SO₄ 0,3N, NaOH 1,5N, dan aseton. Sumber magnesium dalam perlakuan menggunakan MGO dan sumber sulfur berupa sulfur murni yang ditumbuk hingga halus. Adapun komposisi dan kandungan nutrisi pakan tercantum pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Susunan Bahan Pakan Perlakuan

Bahan Pakan	Perlakuan (%)		
	P0	P1	P2
Jerami Padi Amoniasi	50	50	50
Konsentrat	50	50	50
Konsentrat tersusun dari			
Dedak	35	35	35
Onggok	20	20	20
Bungkil Kelapa	15	15	15
Bungkil Kedelai	10	10	10
Jagung Giling	19	19	19
Mineral mix	1	1	1
Total	100	100	100

Mineral Magnesium	0	0,11	0,11
Mineral Sulfur			0,83

Tabel 2. Kandungan Nutrien Pakan Perlakuan

Nutrien (%)	P0	P1	P2
BK	99,64	99,64	99,64
PK	11,76	11,76	11,76
LK	12,91	12,91	12,91
SK	24,55	24,55	24,55
Abu	15,95	16,30	16,94
BETN	34,83	34,84	33,84

Sumber : Analisis dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak (INMT) Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman 2024

Keterangan: P0 = Jerami padi amoniasi (50%) + Pakan Konsentrat (50%); P1 = P0 + Magnesium 0,11% berdasarkan BK pakan; P2 = P1 + Sulfur 0,83%

Rancangan penelitian menggunakan enam kombinasi perlakuan yang diuji adalah sebagai berikut:

P0 = Jerami padi amoniasi (50%) + Pakan Konsentrat (50%)

P1 = P0 + Magnesium 0,11% berdasarkan BK pakan

P2 = P1 + Sulfur 0,83% berdasarkan BK pakan

Variabel yang diukur dalam penelitian yaitu pencernaan serat kasar dan produksi gas metan yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

1. Pencernaan Serat Kasar

$$KcSK = \frac{SK \text{ sampel} - (SK \text{ residu} - SK \text{ blangko})}{SK \text{ sampel}} \times 100\%$$

2. Produksi Gas Metan

Diukur dengan pendekatan VFA parsial dengan mempertimbangkan pemulihan hidrogen rata-rata sebesar 90% menggunakan rumus dari Moss *et al.* (2000), yaitu

$$CH_4 = 0,45 C_2 - 0,275 C_3 + 0,25 C_4$$

C2 = asetat : konsentrasi asam asetat (mM)

C3 = propionat : konsentrasi asam propionat (mM)

C4 = butirat : konsentrasi asam butirat (mM)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rataan pencernaan serat kasar dari hasil analisis variansi menunjukkan bahwa fortifikasi mineral magnesium dan sulfur dalam pakan pada penelitian mempengaruhi pencernaan serat kasar secara sangat nyata ($P < 0,01$). Hasil uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) memperjelas bahwa pencernaan serat kasar tertinggi didapat pada pakan yang difortifikasi magnesium dan sulfur (P2) yaitu sebesar $59,31 \pm 3,51 \%$, sedangkan yang terendah pada perlakuan kontrol (P0) sebesar $34,33 \pm 4,92 \%$. Pakan yang difortifikasi magnesium (P1) memiliki rata-rata pencernaan serat kasar sebesar $49,12 \pm 2,95 \%$ dimana pada setiap perlakuan memiliki perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$). Hasil penelitian terkait produksi gas metan yang dilakukan berkisar dari $1,05 \pm 0,33$ mM sampai $3,22 \pm$

0,56 mM. Hasil analisis variansi dari fortifikasi mineral magnesium dan sulfur berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap produksi gas metan. Berdasarkan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) terlihat bahwa tingkat produksi gas metan terendah adalah $1,05 \pm 0,33$ mM pada perlakuan fortifikasi magnesium dan sulfur (P2), namun baik perlakuan fortifikasi magnesium saja (P1) maupun fortifikasi magnesium dan sulfur (P2) tidak memberikan perbedaan yang signifikan ($P > 0,05$). Terlihat bahwa penambahan magnesium dan sulfur (P2) merupakan perlakuan yang terbaik dengan nilai pencernaan serat kasar tertinggi dan nilai produksi gas metannya yang terendah.

Hasil analisis pencernaan serat kasar dan produksi gas metan tercantum pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Pencernaan Serat Kasar dan Produksi Gas Metan

Perlakuan	Pencernaan Serat Kasar (%)	Produksi Gas Metan (mM)
P0	$34,33 \pm 4,92^a$	$3,22 \pm 0,56^a$
P1	$49,12 \pm 2,95^b$	$1,55 \pm 0,39^b$
P2	$59,31 \pm 3,51^c$	$1,05 \pm 0,33^b$

Keterangan: P0 = Jerami Padi Amoniasi (50%) + Konsentrat (50%); P1 = P0 + Magnesium 0,11% (Berdasarkan BK pakan); P2: P1 + Sulfur 0,83% (Berdasarkan BK pakan). ^{abc} superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan ($P < 0,01$).

Persentase pencernaan serat kasar pada pakan yang difortifikasi magnesium (P1) yang lebih tinggi daripada perlakuan kontrol (P0) menunjukkan pengaruh magnesium terhadap serat. Menurut Cordero *et al.* (2022) mineral magnesium memiliki pengaruh pada kelompok bakteri yang berperan dalam sintesis butirir. Hal tersebut juga terlihat dari persentase VFA parsial bahwa perlakuan penambahan magnesium (P1) menghasilkan persentase asam butirir yang lebih tinggi dibanding perlakuan kontrol (P0). Menurut Miguel *et al.* (2019) bakteri penghasil butirir menunjukkan aktivitas hemiselulolitik untuk mengubah berbagai substrat pertanian dan gula monomer hemiselulosa menjadi pelarut dan asam dimana pada penelitiannya secara *in vitro*, bakteri penghasil butirir mampu menggunakan berbagai macam karbohidrat, termasuk polimer pati dan xylan serta sakarida seperti glukosa, arabinose, xylose, dan cellobiose serta carboxymethyl cellulose.

Peran magnesium tidak hanya mempengaruhi bakteri penghasil butirir untuk meningkatkan pencernaan serat. Menurut Arrizqi *et al.* (2020) fungsi dari magnesium adalah sebagai kofaktor dari beberapa enzim yang membantu proses pencernaan. Radwińska and Zarczyńska (2014) menyatakan bahwa magnesium memiliki peran dalam mengaktifkan hampir 30 enzim dan berpartisipasi dalam metabolisme karbohidrat, asam nukleat dan protein serta ion dari magnesium (Mg^{2+}) diperlukan dalam semua proses yang melibatkan Adenosin Trifosfat (ATP). Pengaruhnya sebagai kofaktor enzim mempercepat proses pencernaan oleh bakteri sehingga pencernaan serat kasar meningkat seperti yang ditunjukkan bahwa nilai pencernaan serat kasar pada pakan yang difortifikasi magnesium (P1) lebih tinggi dibanding perlakuan kontrol (P0).

Fortifikasi mineral magnesium dan sulfur dalam pakan (P2) dapat meningkatkan

kecernaan serat kasar sebanyak $59,31 \pm 3,51$ % dibandingkan pakan tanpa fortifikasi magnesium dan sulfur (P0) sebanyak $34,33 \pm 4,92$ % dan dibanding pakan yang difortifikasi magnesium saja (P1) sebanyak $49,12 \pm 2,95$ %. Hasil dalam penelitian menunjukkan pengaruh sulfur cukup signifikan terhadap kecernaan serat kasar. Hal tersebut karena menurut Ardigurnita *et al.* (2023) sulfur memiliki peran untuk membantu meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan mikroba dalam rumen dimana suplai sulfur yang cukup dapat mengoptimalkan kecernaan selulosa dengan menstimulasi bakteri selulolitik. Penambahan sulfur dalam pakan apabila kualitas hijauan rendah (serat kasar tinggi) mampu meningkatkan daya cerna bahan kering, serat, dan selulosa, dan keseimbangan nitrogen yang lebih baik (Malyugina, 2023). Peningkatan asam butirat juga terjadi pada perlakuan fortifikasi magnesium dan sulfur (P2) juga berkaitan dengan peningkatan kecernaan serat kasar karena bakteri untuk sintesis butirat merupakan bakteri yang mencerna serat kasar. Hal tersebut sesuai dengan Wu *et al.* (2021) bahwa peningkatan konsentrasi sulfur pada pakan meningkatkan jumlah asam butirat secara signifikan dalam rumen, tetapi menurunkan jenis asam VFA yang lain.

Kecernaan serat kasar berhubungan erat dengan banyaknya jumlah gas metan yang diproduksi. Serat kasar yang tercerna dari fermentasi dalam rumen akan menghasilkan H₂ dan gas CO₂. H₂ bersifat racun bagi tubuh ternak dan tidak dapat dikeluarkan sehingga bakteri metanogenik kemudian akan mentransformasikan H₂ dan CO₂ tersebut menjadi CH₄ (metan). Hal tersebut sesuai dengan Laia and Nikmatia (2023) bahwa fermentasi anaerob karbohidrat struktural maupun non struktural akan menghasilkan gas metan (CH₄) oleh bakteri metanogen di dalam rumen ternak ruminansia, dan selanjutnya dikeluarkan ke atmosfer melalui proses eruktasi dimana gas CH₄ yang dikeluarkan dari rumen mengindikasikan energi yang hilang dari tubuh ternak ruminansia. Menurut Tuwaidan *et al.* (2024) gas metan (CH₄) adalah salah satu gas rumah kaca (GRK) yang dilepaskan ke atmosfer dalam jumlah besar oleh ternak ruminansia melalui proses eruktasi dimana gas metan menjadi salah satu penyumbang utama gas rumah kaca dari sektor peternakan, yang berperan besar dalam peningkatan pemanasan global. Upaya mitigasi untuk menurunkan gas metan telah banyak dilakukan dalam beberapa penelitian sehingga mengurangi jumlah gas rumah kaca dan memaksimalkan energi pada tubuh ternak. Mitigasi emisi CH₄ dapat dilakukan dengan cara menekan aktivitas metanogen secara langsung, mengubah kondisi lingkungan dalam rumen untuk mengalihkan jalur metabolisme dari proses metanogenesis, atau dengan mengurangi ketersediaan substrat bagi bakteri metanogenik (Honan *et al.*, 2022).

Menurut Abrar and Fariani, (2018) upaya yang dilakukan dalam mengurangi gas metan seringkali berbanding lurus dengan penurunan kecernaan karena kaitannya dengan penghambatan pencernaan serat yang mengurangi produksi H₂ secara tidak langsung dan secara langsung menghambat pertumbuhan dan aktivitas methanogen. Menurut Puspitasari *et al.* (2015), fermentasi serat kasar cenderung menghasilkan proporsi asam asetat yang lebih dominan, seiring dengan meningkatnya produksi gas metana sehingga semakin tinggi nilai koefisien cerna serat kasar, maka semakin tinggi pula produksi gas metana. Oleh karena itu, kecernaan serat kasar yang tinggi berkorelasi positif dengan produksi gas metan, namun penelitian menunjukkan hasil yang sebaliknya

dimana fortifikasi magnesium dan sulfur (P2) memiliki pencernaan serat kasar tertinggi sebesar $59,31 \pm 3,51$ % dan produksi gas metan terendah sebesar $1,05 \pm 0,33$ mM. Penambahan magnesium dan sulfur dalam pakan dapat dijadikan sebagai alternatif untuk mengatasi masalah tersebut.

Penurunan produksi gas metan baik pada perlakuan fortifikasi magnesium (P1) maupun fortifikasi magnesium dan sulfur (P2) tidak terlepas dari adanya mineral magnesium. Wang *et al.* (2017) menyatakan bahwa suplementasi magnesium meningkatkan H₂ terlarut yang berakibat pada pergeseran jalur fermentasi glukosa, karena menurunkan persentase molar asetat dan meningkatkan persentase molar propionat. Konsentrasi H₂ terlarut juga berkorelasi positif dengan jumlah metanogen, tetapi tidak dengan emisi CH₄ yang mungkin disebabkan H₂ terlarut dalam rumen telah melebihi kapasitas metanogen untuk mengambil H₂ sehingga populasi dan aktivitas metanogenik mungkin telah membatasi pembentukan CH₄ di dalam rumen. Penelitian menunjukan bahwa fortifikasi magnesium sangat nyata menurunkan produksi gas metan. Hal tersebut mungkin disebabkan penggunaan analisis yang berbeda dimana dalam penelitian, gas metan dihitung berdasarkan pendekatan VFA parsial dengan mempertimbangkan pemulihan hidrogen menggunakan rumus Moss *et al.* (2000).

Penelitian Váradyová *et al.* (2005) secara in vitro menunjukan bahwa penambahan caustic calcinated magnesite dan agromag sebagai sumber magnesium mampu menurunkan produksi total gas dan gas metan secara sangat signifikan dan juga mampu menurunkan pemulihan hidrogen yang dapat berkaitan dengan menurunnya proses methanogenesis, serta tergantung pada substrat yang digunakan seperti meadow hay, sumber magnesium tersebut mampu menurunkan populasi protozoa. Menurut Martins *et al.* (2024) bahwa beberapa intervensi mitigasi seperti magnesium mampu mengurangi produksi CH₄ secara in vitro dimana produksi CH₄ turun sebesar 51,8% dengan suplementasi magnesium bersama minyak atsiri yang diekstrak dari *Heracleum* spp. Hal tersebut menunjukan bahwa magnesium mampu menurunkan kadar gas metan seperti yang ditunjukan pada perlakuan fortifikasi magnesium (P1) dan fortifikasi magnesium dan sulfur (P2).

Pengaruh sulfur dalam menurunkan gas metan sudah dibuktikan dalam beberapa penelitian. Wu *et al.* (2021) dalam penelitiannya membuktikan peningkatan dosis sulfur dari 0,0%-1,2% (Berdasarkan BK) mampu mengurangi produksi metana, tetapi populasi *Desulfovibrio* yang merupakan bakteri pereduksi sulfat (SRB) dalam rumen meningkat secara signifikan dan meningkatkan produksi hidrogen sulfida (H₂S). Zhao and Zhao (2022) menyatakan bahwa selain methanogenesis sebagai jalur keluar H₂, jalur lain untuk pengeluaran H₂ juga ada di dalam rumen, dimana pada kasus penambahan sulfur, bakteri pereduksi sulfat (SRB) dapat menghasilkan sulfida terutama menggunakan laktat dan sulfat sebagai substrat yang kemudian sulfida dapat bergabung dengan H₂ untuk menghasilkan H₂S sehingga menurunkan gas metan.

Sebagian besar sulfur pada pakan yang dikonsumsi oleh ruminansia diubah menjadi sulfida oleh mikroba rumen, asam amino yang mengandung sulfur difermentasi menjadi sulfida, dan sulfat juga direduksi menjadi sulfida oleh bakteri pereduksi sulfat rumen (SRB) (Wu *et al.*, 2021). Menurut Shah *et al.* (2020) bakteri pereduksi sulfat (SRB)

memiliki keunggulan untuk mendapatkan hidrogen dikarenakan energi yang disediakan oleh sulfat lebih besar sehingga Ion hidrogen lebih condong ke arah bakteri pereduksi sulfat (SRB) dibanding metanogen. Pengaruh sulfur pada perlakuan P2 (fortifikasi magnesium dan sulfur) tidak signifikan dengan perlakuan fortifikasi magnesium saja (P1) (tabel 3) yang mungkin dikarenakan pengaruh magnesium telah mengurangi substrat H₂ sehingga tidak banyak substrat H₂ tersisa untuk direduksi menjadi hidrogen sulfida (H₂S) maupun gas metan (CH₄).

Hidrogen sulfida (H₂S) yang terbentuk dari sulfur merupakan gas yang bersifat toxic baik untuk lingkungan setempat maupun pada ternak tersebut. Hidrogen sulfida bukan merupakan gas rumah kaca sehingga memiliki keunggulan dibanding gas metan, namun berakibat buruk pada kesehatan ternak sehingga jumlahnya perlu dibatasi. Produksi hidrogen sulfida dipengaruhi oleh kadar sulfur dalam pakan. Menurut Shah *et al.* (2020) jika sulfur diberikan dalam bentuk sulfat atau jika kandungan sulfur dalam pakan cukup tinggi, mikroorganisme rumen akan memanfaatkan sulfat tersebut untuk menghasilkan sulfida, sehingga meningkatkan kadar hidrogen sulfida di dalam rumen dimana konsentrasi hidrogen sulfida yang berada di bawah ambang batas 471,2 mg/l umumnya tidak menimbulkan efek toksik. Pengukuran gas hidrogen sulfida tidak dilakukan dalam penelitian sehingga kurang mampu memberikan kesimpulan yang lebih akurat, namun kelebihan sulfur mungkin dapat menurunkan pencernaan pakan selain dari serat kasar, menurunkan efisiensi sintesis protein mikroba, dan produksi VFA. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui hal tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa fortifikasi mineral magnesium 0,11% (BK) dan sulfur 0,83% (BK) dalam pakan yang terdiri dari jerami padi amoniasi dan konsentrat dengan imbang 50 : 50 dapat meningkatkan pencernaan serat kasar dan menurunkan produksi gas metan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, A. and A. Fariani. 2018. Pengaruh Penambahan Ekstrak Tanin dari Biji Sorgum terhadap Produksi Gas dan Metana secara In Vitro. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*, 7(1), 40-52.
- Amin, M., S. D. Hasan, O. Yanuario, M. Iqbal, and I. W. Karda. 2016. Peningkatan Kualitas Jerami Padi Menggunakan Teknologi Amoniasi Fermentasi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia (JITPI)*, 2(1), 96-103.
- Ardigurnita, F., P. D. Wulansari, and N. Fraskisa. 2023. Suplementasi Air Cucian Beras dan Belerang Sebagai Sumber Mineral Esensial Alami Untuk Meningkatkan Pencernaan Pakan Jerami Padi Amoniasi Secara In Vitro. *Bulletin of Applied Animal Research*, 5(1), 19-27.
- Arrizqi, M. D., B. I. M. Tampoebolon, Surahmanto, and R. I. Pujaningsih. 2020. Status Mineral Darah (Ca, P, Mg, Zn, Cu) Kambing Kacang Yang Diberi Pakan Pelengkap Multinutrien Blok. *Bulletin of Applied Animal Research*, 2(1), 11-16.
- Cordero, J. A. A., T. Liu, A. Ravelo, R. R Lobo, B. C. Agostinho, H. F. Monteiro, K. C. Jeong, and A. P. Faciola. 2022. *Effects Of Calcium-Magnesium Carbonate and Calcium-Magnesium Hydroxide As Supplemental Sources Of Magnesium On Ruminal Microbiome*.

- Translational Animal Science*, 6(3),1-10.
- Gaina, C. D., F. A. Amalo, I. T. Maha, F. U. Datta, Y. Y. Sitompul, D. R. Novian, and E. Tangkonda. 2022. Aplikasi Teknologi Amoniasi Limbah Jerami Padi Sebagai Pakan Ternak Berkualitas Pasca Siklon Tropis Seroja. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Peternakan* 7(1),38-48.
- Honan. M., X. Feng, J. M. Tricarico and E. Kebreab. 2022. *Feed Additives as a Strategic Approach to Reduce Entericmethane Production in Cattle, Modes of Action, Effectiveness And Safety. Animal Production Science*, 62, 1303-1317.
- Laia, N., and U. Nikmatia. 2023. Uji In Vitro KcBK dan KcBO, Konsentrasi FVA Tanaman Herbal Terhadap Emisi Gas Metan dan Populasi Protozoa. *Jurnal Peternakan (Jurnal of Animal Science)*, 8(1), 123-128.
- Malyugina S. 2023. *The Importance of Sulfur in Ruminant Nutrition. Scientific Papers, Animal Science and Biotechnologies*, 56 (2), 20-24.
- Martins, L. F., S. F. Cueva, C. F. A. Lage, M. Ramin, T. Silvestre, J. Tricarico, and A.N. Hristov. 2024. *A Meta-Analysis of Methane-Mitigation Potential of Feed Additives Evaluated In Vitro. Journal of Dairy Science*, 107(1), 288-300.
- Moss, A., J-P Jouany, and J. Newbold. 2000. *Methane Production By Ruminants, its Contribution to Global Warming. Annales de zootechnie*, 49(3),231-253.
- National Research Council. 1985. *Nutrient Requirement of Ruminant. National Academy, Wahington*.
- Puspitasari, N. M., I. B. G. Partama, and I. G. L. O. Cakra. 2015. Pengaruh Suplementasi Vitamin Mineral Terhadap Kecernaan Nutrien Dan Produk Fermentasi Rumen Sapi Bali Yang Diberi Ransum Berbasis Rumput Gajah. *Majalah Ilmiah Peternakan*, 18(3), 83-88.
- Radwińska, J., and K. Zarczyńska. 2014. *Effects Of Mineral Deficiency On The Health Of Young Ruminants. Jurnal of Elementology*, 19(3),915-928.
- Shah, A. M., J. Ma, Z. Wang, R. Hu, X. Wang, Q. Peng, F. K. Amevor and N. Goswami. 2020. *Production of Hydrogen Sulfide by Fermentation in Rumen and Its Impact on Health and Production of Animals. Processes*, 8(1169), 1-10.
- Shoaib, A. M., R. A. El-Adly, M. H. M. Hassanean, A. Youssry, and A. A. Bhuran. 2018. *Developing A Free-Fall Reactor For Rice Straw Fast Pyrolysis To Produce Bio- Products. Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4),1305-1311.
- Suhartati, F. M. 1997. Manfaat Air Belerang Dalam Ransum Bagi Domba Muda. *Disertasi Program Pascasarjana IPB, Bogor*
- Suningsih, N., W. Ibrahim, O. Liandris, and R. Yulianti. 2019. Kualitas Fisik dan Nutrisi Jerami Padi Fermentasi Pada Berbagai Penambahan Starter. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(2),191-200.
- Tuwaidan, N.W.H., E. H. B. Sondakh, and C. L. Kaunang. Strategi mitigasi gas metan pada ternak ruminansia. Review. *Zootec*, 44(1), 148-173.
- Váradyová, Z., S. Kisidayová, K. Mihaliková, and M. Baran. 2005. *Influence Of Natural Magnesium Sources On The In Vitro Fermentation And Protozoan Population In The Rumen Fluid Collected From Sheep. Small Ruminant Research*, 61(2006), 63-71.
- Wang, M., R. Wang, X. Zhang, E. M. Ungerfeld, D. Long, H. Mao, J. Jiao, K. A. Beauchemin,

- and Z. Tan. 2017. *Molecular Hydrogen Generated By Elemental Magnesium Supplementation Alters Rumen Fermentation and Microbiota In Goats*. *British Journal Of Nutrition*, 118(6), 401-410.
- Wu, H., Y. Li, Q. Meng, and Z. Zhou. 2021. *Effect Of High Sulfur Diet On Rumen Fermentation, Microflora, and Epithelial Barrier Function In Steers*. *Animals*, 11(2545), 1-19
- Yanuartono, S. Indarjulianto, A. Nururrozi, H. Purnamaningsih, and S. Raharjo. 2019. Urea Molasses Multinutrien Blok Sebagai Pakan Tambahan Pada Ternak Ruminansia. *Jurnal Veteriner*, 20(3), 445-451.
- Zhao, Y. and G. Zhao. 2022. *Decreasing Ruminal Methane Production Through Enhancing The Sulfate Reduction Pathway*. *Animal Nutrition*, 9, 320-326.