

Pemanfaatan Ekstrak Buah Andaliman Suplementasi Monensin Terhadap Mitigasi Gas Metan Pada Ternak Kambing

Utilization of Andaliman Fruit Extract with Monensin Supplementation for Methane Gas Mitigation in Goats

Angelia Utari Harahap¹ dan Rikardo Silaban¹

¹ Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian, Universitas Graha Nusantara
Kampus I Tor Simarsayang, Padangsidempuan
angeliaharahap@yahoo.co.id
Rikardo.silaban@ymail.com

Diterima : 13 November 2020
Diterbitkan : 24 Juni 2022
Online : 31 Agustus 2022

Abstrak : Dalam rangka mengatasi emisi gas metan pada sektor peternakan ruminansia dan permasalahan rendahnya produktivitas ternak ruminansia di tingkat peternak rakyat maka perlu dilakukan perubahan dalam pola pemberian pakan. Hal ini memerlukan alternatif penanganan gas secara langsung pada rumen ternak ruminansia melalui pemberian pakan yang mengandung bahan aktif defaunasi mikroba pembentuk gas dalam rumen, salah satu pakan alternatif yang biasa digunakan untuk promotor pertumbuhan adalah buah andaliman yang disuplementasi monensin. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan pengaruh ekstrak buah andaliman suplementasi monensin dalam ransum memitigasi produksi gas metan pada ternak kambing. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) 4 perlakuan dan 5 ulangan, perlakuan A (Konsentrat 40% + 60% rumput lapangan), perlakuan B (Konsentrat 40% + 5% buah andaliman + 55% rumput lapangan), perlakuan C (Konsentrat 40% + 1% monensin + 59% rumput lapangan), perlakuan D (Konsentrat 40% + 5% buah andaliman + 1% monensin + 54% rumput lapangan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian ekstrak buah andaliman yang disuplementasi monensin pada perlakuan D berpengaruh dalam menurunkan gas metan sebesar 26,64%. Kesimpulan bahwa perlakuan D dapat menunjukkan kestabilan penurunan gas metan dari penambahan ekstrak buah andaliman yang disuplementasi monensin dalam ransum ternak kambing.

Kata Kunci : andaliman, gas metan, kambing, mitigasi, monensin

Abstract : In order to overcome methane gas emissions in the ruminant livestock sector and the problem of low productivity of ruminants at the level of smallholder farmers, it is necessary to change the feeding pattern. This requires an alternative gas handling directly in the rumen of ruminants through the provision of feed containing the active ingredients of defaunation of gas-forming microbes in the rumen, one of the alternative feeds commonly used for growth promoters is andaliman fruit supplemented with monensin. The purpose of this study was to determine the effect of andaliman fruit extract supplemented by monensin in the diet in mitigating the production of methane gas in goats. The research method used a randomized block design with 4 treatments and 5 replications, treatment A (40% concentrate + 60% field grass), treatment B (40% concentrate + 5% andaliman fruit + 55% field grass), treatment C (concentrate 40% + 1% monensin + 59% field grass), treatment D (40% concentrate + 5% andaliman fruit + 1% monensin + 54% field grass). The results showed that the of andaliman fruit extract supplemented with monensin in treatment D had an effect on reducing methane gas by 26.64%. The conclusion is that treatment D can show the stability of reducing methane gas from the addition of andaliman fruit extract supplemented with monensin in goat rations.

Keywords : andaliman, methane gas, goat, mitigation, monensin

1. Pendahuluan

Pemanasan global diklaim terkait dengan tingginya laju akumulasi gas rumah kaca pada lapisan atmosfer. Peningkatan gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida (N₂O),

dan kloro fluoro karbon (CFC) merupakan akibat tingginya berbagai aktivitas manusia [1]. Metana (CH₄) merupakan penyumbang terbesar kedua gas rumah kaca sebesar 16% dari total keseluruhan gas rumah kaca. Sekitar 28% emisi gas metana antropogenik

berasal dari ternak ruminansia. Hal ini dikarenakan terjadinya proses pembentukan gas metana atau metanogenesis oleh archaea metanogen yang berada di saluran pencernaan ternak ruminansia. Lepasnya metan tidak hanya menyebabkan peningkatan konsentrasi CH₄ di udara namun juga menyebabkan hilangnya energi 6-13% dari pakan [2].

Pengurangan produksi metan di dalam rumen akan memberikan keuntungan meningkatkan *supply* energi pada ternak sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan bahan pakan. Efektivitas penggunaan pakan pada ternak ruminansia sangat tergantung pada proses pencernaan dalam rumen, rendahnya tingkat pencernaan dalam rumen mengakibatkan inefisiensi pakan. Rumen sebagai organ pencernaan fermentatif sangat tergantung aktivitas mikroorganisme yang mencerna pakan yang dikonsumsi ternak. Mikroorganisme yang ada dalam rumen antara lain bakteri, protozoa dan fungi. Manipulasi fermentasi di dalam rumen dapat dilakukan dengan memberikan agen defaunasi pada protozoa dalam pakan ternak menggunakan saponin dan tanin [3].

Sumatera utara adalah salah satu daerah di Indonesia yang mempunyai keanekaragaman hayati yang spesifik dan mempunyai beberapa bahan pakan alternatif dari beberapa etnis yang ada. Salah satu jenis rempah yang pemanfaatannya masih digunakan sampai sekarang sebagai komoditas primer adalah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC). Ekstrak kasar buah andaliman memiliki aktivitas fisiologi yang aktif sebagai antioksidan dan antimikroba yang potensial. Selain itu buah andaliman mengandung saponin yang dapat mempengaruhi karakteristik fermentasi rumen dimana populasi protozoa di dalam rumen [4]. Protozoa merupakan predator terhadap bakteri rumen, menurunnya populasi protozoa di rumen berdampak pada peningkatan biomassa bakteri sehingga meningkatkan efisiensi sintesis protein mikroba. Lebih lanjut, saponin juga dapat mengikat amonia ketika konsentrasi amonia di rumen tinggi serta melepaskannya kembali ketika konsentrasinya rendah sehingga menjamin ketersediaan amonia untuk sintesis protein mikroba [5].

Selain itu strategi memanipulasi proses fermentasi di dalam rumen yang bertujuan untuk meningkatkan sintesis protein mikroba dan penurunan gas metan dengan pemanfaatan bahan pakan alternatif yang biasa digunakan untuk mengarah ke pertumbuhan ternak ruminansia adalah monensin. Monensin adalah asam karboksilat monovalen, yang dihasilkan oleh *Streptomyces cinnamonensis* dan digunakan dalam bentuk garam natrium (sodium monensin) yang aktif menekan pertumbuhan bakteri. Monensin memiliki banyak manfaat dalam meningkatkan efisiensi pakan, retensi nitrogen, dan menurunkan populasi protozoa di dalam rumen. Penurunan protozoa tersebut dapat

berdampak pada penurunan produksi gas yang dihasilkan. Monensin juga meningkatkan efisiensi nitrogen (N) dan pemanfaatan energi yang dihasilkan dari pergeseran VFA rumen terhadap berkurangnya asetat dan meningkatnya propionat [6].

Beberapa penelitian membuktikan bahwa kandungan *terpenoid* andaliman mempunyai aktivitas antioksidan dan antimikroba, juga mempunyai efek imunostimulan. Hal ini memberi peluang bagi andaliman sebagai bahan baku senyawa antioksidan [2].

2. Materi dan Metode

2.1. Materi

Oven, blender, plastik sampel, alu dan lumpang, timbangan analitik, tabung inkubator, karet botol, shaker water bath, unit gas CO₂, unit proximat, termometer dan lemari inkubator, sentrifuge, tanur.

Bahan Konsentrat buah andaliman, dedak, ampas tahu, bungkil kelapa, monensin, premix, cairan rumen segar, aquades, larutan saliva buatan (McDougall), dan bahan kimia analisis proximat dan pencernaan, serta analisis produksi gas metan. Susunan konsentrat penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1**. Komposisi kimia ransum penelitian pada **Tabel 2**. Komposisi kimia bahan ransum penelitian pada **Tabel 3**.

2.2. Metode

Metode penelitian menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan (kelompok) dan 5 ulangan. Perlakuan A (Konsentrat 40% + 60% rumput lapangan), perlakuan B (Konsentrat 40% + 5% andaliman + 55% rumput lapangan), perlakuan C (Konsentrat 40% + 1% monensin + 59% rumput lapangan), perlakuan D (Konsentrat 40% + 5% andaliman + 1% monensin + 54% rumput lapangan). Parameter penelitian yang diuji adalah karakteristik cairan rumen dan produksi gas metan.

Tabel 1. Susunan konsentrat penelitian (%)

Konsentrat	(BK)
Dedak Halus	40
Ampas tahu	23
Bungkil Kelapa	34
Tepung Ikan	2
Premix	1
Total	100

Tabel 2. Komposisi kimia ransum penelitian

Zat Makanan	Ransum (%)			
	A	B	C	D
Bahan Kering (BK)	42,69	45,67	43,39	45,84
Bahan Organik (BO)	92,96	92,94	92,74	92,72
Protein Kasar (PK)	12,62	12,60	12,56	12,53
Serat Kasar (SK)	25,20	24,59	24,90	24,29
Lemak Kasar (LK)	4,08	4,24	4,14	4,30
BETN	51,06	51,51	51,14	51,60
TDN	63,03	59,46	61,71	58,90

Tabel 3. Komposisi kimia bahan ransum penelitian

No	Bahan	Kandungan zat-zat makanan (% BK)				
		BK	BO	LK	SK	PK
1	Dedak	92,02	90,96	7,44	16,72	13,37
2	Ampas Tahu Bungkil	83,57	96,62	11,49	12,90	18,16
3	Kelapa	91,06	95,35	13,18	14,98	24,30
4	Tepung Ikan Rumpot	93,68	87,96	7,98	0,82	66,10
5	Lapangan	90,60	91,61	4,75	20,06	8,20
6	Andaliman	73,35	94,06	4,55	19,06	7,74
7	Monensin	94,08	72,44	7,33	-1,69	1,72

Keterangan: Hasil uji Laboratorium Nutrisi Ruminansia, Unand Padang (2020)

2.2.1. pH

Pengukuran pH cairan rumen dilakukan dengan metode pH meter dinyalakan dan biarkan stabil 15-30 menit. Lakukan standarisasi dengan larutan buffer standar pH 7, bilas dengan aquades kemudian keringkan dengan tissue. Masukkan elektroda kedalam tabung fermentor, nilai pH ditetapkan dengan melihat angka pada layar monitor.

2.2.2. VFA

Penentuan produksi VFA dilakukan dengan cara destilasi uap [7]. Supernatan dalam tabung di pipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan kedalam tabung destilasi, tambahkan 1 ml H₂SO₄ 15% dan tabung destilasi segera ditutup dengan karet yang dapat dihubungkan dengan alat pendingin Leibig. Masukkan segera tabung destilasi kedalam labu penyulingan yang berisi air suling. Selama proses destilasi labu penyulingan harus dipanaskan dengan tujuan agar uap air dapat mendesak VFA yang selanjutnya akan dikondensasikan dalam alat pendingin Leibig. Air yang terbentuk hasil destilasi ditampung dalam erlemeyer yang berisi 5 ml 0.5 N NaOH sampai volumenya 250-300 ml. Setelah selesai destilasi, tambahkan 2-3 tetes indikator penolphtalein kemudian titrasi dengan N HCl sampai terjadi

perubahan warna dari merah jambu menjadi tidak berwarna.

2.2.3. NH₃

Penentuan produksi NH₃ dilakukan dengan menggunakan cawan Conway [8], sebanyak 1 ml supernatan diteteskan ke bagian sisi kanan dari cawan conway dan 1 ml NaOH 40 % ke bagian sisi kiri cawan Conway. Teteskan 1 ml H₂BO₃ ke bagian tengah cawan Conway kemudian tutup cawan dengan penutupnya, olesi vaselin pada bagian pinggir cawan dan simpan selama 24 jam. Setelah 24 jam, titrasi dengan H₂SO₄ 0,005 N sampai warnanya berubah menjadi hijau kemerahan.

2.2.4. Total produksi gas metan (CH₄)

Sebanyak 0.2 g sampel ransum dimasukkan ke dalam botol serum lalu diisikan dengan 30 ml campuran inokulum cairan rumen dan buffer McDougalls menggunakan pipet dispenser otomatis, ditutup dengan penutup karet, diklem dengan aluminium. dan diinkubasikan dalam inkubator suhu 39°C selama 24 jam. Sampel gas diambil menggunakan syringe dari botol serum sebanyak 5 ml dan dimasukkan kedalam botol serum 5 ml yang sudah ditutup vakum dengan penutup karet dan diklem dengan aluminium. Gas metan diukur menggunakan gas kromatografi yang dilengkapi dengan *thermal conductivity detector*. Gas helium digunakan sebagai gas carrier dengan laju aliran 10 ml/menit. Temperatur detektor dan kolom 250°C dan 60°C.

Produksi gas metan dihitung dari akhir inkubasi dengan melihat volume gas dan komposisi gas.

Gas metan dihitung [9]:

CH₄ = (GV + HS) x Konsentrasi, dimana:

GV = volume gas (ml);

HS = volume headspace (ml) dari botol serum ;

Konsentrasi = % gas metan di dalam sampel yang dianalisis.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. pH cairan rumen

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan dengan pemberian ekstrak buah andaliman yang disuplementasi dengan monensin memberikan pengaruh yang nyata (P<0,05) terhadap karakteristik cairan ruman dan total gas metan.

Hasil uji pH cairan rumen bersifat netral yaitu berkisar antara 6,96 – 7,77 sudah memenuhi syarat untuk menjamin aktivitas mikroba rumen yang optimal. Hal ini berarti pemberian ekstrak buah andaliman suplementasi monensin mempengaruhi efektivitas penggunaan pakan pada ternak ruminansia sangat tergantung pada proses pencernaan dalam rumen, rendahnya tingkat pencernaan dalam rumen mengakibatkan inefisiensi pakan.

Tabel 4. Ekstrak buah andaliman suplementasi monensin terhadap karakteristik cairan rumen dan gas metan

Perlakuan	Parameter			
	pH	VFA (mM)	NH ₃ (mg/100 ml)	Total CH ₄ (%)
A	6,96 ^a	160 ^a	14,87 ^a	28,06 ^a
B	7,06 ^b	156,67 ^c	18,84 ^d	27,79 ^d
C	7,65 ^b	130 ^d	12,89 ^a	25,62 ^c
D	7,77 ^b	143,33 ^b	13,88 ^b	26,64 ^b
SE	3,23	3,65	1,56	0,26

Keterangan : Angka yang diikuti huruf kecil berbeda pada kolom yang sama (a, b, c, d, dan e) berbeda nyata (P<0,05)
SE = Standar Error of the treatment Mean

pH rumen yang normal untuk menjaga metabolisme normal dalam rumen berkisar 6,0 - 7,0. Jika pH rumen dibawah 6,0 dapat menurunkan pencernaan serat [10]. Derajat keasaman dalam rumen dapat mempengaruhi populasi mikroorganisme yang aktif dalam proses fermentasi [11]. Mikroba rumen dapat bekerja dengan optimal untuk merombak asam amino menjadi ammonia pada kondisi pH 6 - 7. Suasana pH rumen yang asam (pH rendah) dapat menyebabkan menurunnya aktivitas mikroba dalam rumen. Hasil berbeda nyatanya pH cairan rumen antara perlakuan disebabkan karena mineral monensin didukung pemberian ekstrak buah andaliman sebelumnya berperan dalam menentukan pH rumen dan berfungsi untuk menetralkan pH rumen. pH cairan rumen semua bersifat netral sehingga memungkinkan bakteri dan protozoa dapat berkembang. pH cairan rumen dipengaruhi oleh produksi VFA dan NH₃. Kenaikan VFA akan menyebabkan penurunan pH cairan rumen sebaliknya kenaikan NH₃ akan menyebabkan kenaikan pH cairan rumen.

3.2. Kadar VFA

Tabel 4 memperlihatkan bahwa ekstrak buah andaliman suplementasi monensin memberikan pengaruh yang nyata dalam peningkatan VFA cairan rumen. Semakin tinggi dosis ekstrak buah andaliman suplementasi monensin yang diberikan maka akan semakin tinggi pula total VFA dalam cairan rumen begitu juga sebaliknya. Dosis pemberian ekstrak buah andaliman suplementasi dapat meningkatkan total VFA dengan rata-rata sebesar 130 - 160%. Terjadi peningkatan konsentrasi VFA karena ekstrak buah andaliman diduga mengandung saponin yang dapat mempengaruhi karakteristik fermentasi rumen dimana populasi protozoa di dalam rumen [8]. Protozoa merupakan predator terhadap bakteri rumen, menurunnya populasi protozoa di rumen berdampak pada peningkatan biomassa bakteri sehingga meningkatkan efisiensi sintesis protein mikroba. Lebih lanjut, saponin juga dapat mengikat ammonia ketika konsentrasi ammonia di rumen tinggi

serta melepaskannya kembali ketika konsentrasinya rendah sehingga menjamin ketersediaan ammonia untuk sintesis protein mikroba [11], sehingga memperlihatkan hasil yang lebih optimal kadar VFA yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan mikroba rumen yang optimal 80 - 160 Mm [11]. Asam lemak volatil adalah produk akhir dari proses biofermentasi di dalam rumen yang merupakan sumber energi bagi ternak ruminansia, karena memenuhi 70 - 80% kebutuhan ruminansia [12]. Proses katabolisis lebih lanjut dari hasil pencernaan hidrolitik zat monomer-monomer fermentatif yaitu difermentasikannya karbohidrat menjadi asam lemak terbang atau VFA [9]. Uji VFA dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Uji VFA

3.3. NH₃

Tabel 4 menunjukkan bahwa ekstrak buah andaliman suplementasi monensin memberikan pengaruh nyata (P<0,05) terhadap peningkatan total NH₃ cairan rumen. Dilihat dari kadar NH₃-N cairan

rumen berkisar antara 12,89 mg/100 ml sampai 18,84 mg/100 ml, hal ini disebabkan oleh peningkatan kadar NH_3 dari masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa terjadinya perombakan protein dalam rumen menjadi protein mikroba berasal dari setiap perlakuan pemberian rumput lapangan ditambahkan ekstrak buah andaliman suplementasi monensin. Konsentrasi N-NH_3 yang dibutuhkan mikroba rumen untuk mencerna pakan secara optimal adalah 5 - 20 mg/dL [9].

Sumber N-NH_3 rumen selain berasal dari degradasi protein pakan, juga berasal dari degradasi protoplasma mikroba terutama protozoa. Protozoa mempunyai kemampuan memangsa molekul-molekul besar dari protein, karbohidrat, bahkan bakteri rumen. Dengan demikian, protozoa berperan dalam mengatur laju pergerakan N di dalam rumen dan memasok protein mudah larut untuk mempertahankan pertumbuhan bakteri. Protein protozoa lebih banyak tertahan dalam rumen, hanya sekitar 20 - 40 % sel protozoa yang menuju intestinum [10]. Produksi N-NH_3 merupakan produk utama dari proses deaminasi asam amino dan ketersediaannya dalam rumen untuk pertumbuhan mikroba merupakan prioritas utama dalam mengoptimalkan fermentasi hijauan. Faktor utama yang mempengaruhi penggunaan NH_3 dalam cairan rumen adalah tersedianya serat kasar untuk mikroorganisme rumen. Serat kasar yang tersedia dari rumput lapangan akan berfungsi sebagai sumber energi untuk kebutuhan fermentasi dan pertumbuhan mikroba rumen.

Sumber N-NH_3 rumen selain berasal dari degradasi protein pakan, juga berasal dari degradasi protoplasma mikroba terutama protozoa. Protozoa mempunyai kemampuan memangsa molekul-molekul besar dari protein, karbohidrat, bahkan bakteri rumen. Dengan demikian, protozoa berperan dalam mengatur laju pergerakan N di dalam rumen dan memasok protein mudah larut untuk mempertahankan pertumbuhan bakteri. Protein protozoa lebih banyak tertahan di dalam rumen, hanya sekitar 20-40% sel protozoa yang menuju intestinum [12].

Rataan konsentrasi N-NH_3 yang diperoleh dari hasil penelitian ini menunjukkan sudah cukup dan sudah dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan sintesis protein mikroba, konsentrasi NH_3 dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah jenis makanan yang diberikan, sumber kelarutan nitrogen, tingkat degradasi protein, konsentrasi nitrogen dalam ransum dan lain-lain. Uji N-NH_3 dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Uji NH_3

3.4. Total gas metan

Hasil penelitian penambahan ekstrak buah andaliman suplementasi monensin berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap produksi gas metan secara *in vitro*. Rataan total gas metan berkisar 25,62%-28,06%. Buah andaliman merupakan pakan berserat tinggi yang tidak saja menurunkan efisiensi penggunaan pakan tapi juga meningkatkan produksi gas metana (CH_4). Lepasnya metan tidak hanya menyebabkan peningkatan konsentrasi CH_4 di udara, namun juga menyebabkan hilangnya energi 6-13% dari pakan. Suplementasi salah satu pakan yang bisa menurunkan gas metan dengan penambahan ekstrak buah Andaliman (*Zanthoxylum achanthopodium* DC) dimana merupakan sejenis rempah yang sering digunakan sebagai bumbu masakan khas Sumatera Utara khususnya masyarakat Tapanuli. Kandungan terpenoid dari buah andaliman mempunyai aktivitas antioksidan dan antimikroba dan kandungan saponin dapat mempengaruhi karakteristik fermentasi rumen dimana populasi protozoa di dalam rumen diketahui berbanding lurus dengan produksi gas metana [6].

Tujuan penelitian ini adalah penambahan ekstrak buah andaliman dengan suplementasi monensin dapat dilakukan secara *in vitro* untuk mengetahui peranan saponin dan monensin yang dapat meningkatkan sintesis protein mikroba sekaligus menurunkan gas metan. Selain ekstrak buah andaliman, monensin memiliki banyak manfaat di antaranya adalah meningkatkan efisiensi pakan, retensi nitrogen, dan menurunkan populasi protozoa di dalam rumen. Penurunan protozoa tersebut dapat berdampak pada penurunan produksi gas yang dihasilkan. Monensin tidak bekerja secara langsung menurunkan proses pembentukan gas, tetapi monensin dapat memberikan pengaruh pada populasi protozoa di dalam rumen ternak ruminansia [14]. Perlakuan D Ekstrak buah andaliman 5% yang disuplementasi monensin 1% memiliki potensi dapat menurunkan produksi metan lebih baik dibandingkan tanpa penambahan ekstrak buah andaliman

suplementasi monensin. Hal ini mengindikasikan bahwa ketika ekstrak buah andaliman dikombinasikan monensin dapat mendukung penurunan produksi metan dalam aktifitas fermentasi rumen, hal ini juga diduga karena monensin juga memiliki kemampuan dapat mereduksi metan. Uji pH Rumen untuk produksi gas metan dapat dilihat pada **Gambar 3**. Pengambilan gas metan pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Uji pH Rumen untuk produksi gas metan



Gambar 4. Pengambilan gas metana

4. Kesimpulan

Perlakuan ekstrak buah andaliman 5% suplementasi monensin 1% dalam ransum dapat menunjukkan kestabilan karakteristik cairan rumen dan penurunan gas metan sebesar 26,64%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada DRPM Kemenristek DIKTI yang telah mendanai Hibah Penelitian Kompetitif Nasional skema Penelitian Dosen Pemula (PDP)

pendanaan tahun 2020 dan dukungan penuh dari pihak LPPM Universitas Graha Nusantara Padangsidempuan.

Referensi

- [1] Yuliani *et al.*, 2016. Pengaruh Penambahan Monensin Pada Pakan Lengkap Terhadap Produksi Gas Total, Parameter Produksi Gas Dan Nilai Energi Secara In Vitro. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya. <http://repository.ub.ac.id/137762/>
- [2] Beauchemin K.A., S.M. McGinn, T.F.Martinez, and T.A.McAlliste. 2007. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emission from cattle. *J Anim Sci* 85:1990-1996.
- [3] Hristov, A.N., T.R. Callaway, C. Lee, S.E. and Dowd, S.E. 2012. Rumen Bacterial, Archaeal, and Fungal Diversity of Dairy Cows in Response to Ingestion of Lauric or Myristic Acid. *J. Anim. Sci.* 90: 4449-4457.
- [4] Purwadi *et al.*, 2017. Pengaruh Suplementasi Monensin dalam Total Digestible Nutrient (TDN) Ransum yang Diturunkan pada Produksi dan Komposisi Susu Sapi FH Laktasi. *Tropical Animal Science*, Mei 2017, 1(1):23-31.
- [5] Melvariani *et al.*, 2017. Pengaruh Pemberian ekstrak etanol daun andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) terhadap gambaran morfologi ovarium mencit (*Mus musculus* L.) strain DDW. *KLOROFIL* Vol. 1 No. 1, 2017: 5-10.
- [6] Putra, 2011. Pengaruh suplementasi daun waru (*Hibiscus tiliaceus* L.) terhadap karakteristik fermentasi dan populasi protozoa rumen secara in vitro. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [7] Angelia, U. Silaban, R. 2019. Fitokimia, Total Phenolic Content dan Sitoksisitas Ekstrak, Senyawa Antimikrobal, dan Minyak Atsiri Buah Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*). *Jurnal Graha Tani*. Universitas Graha Nusantara Padangsidempuan. Vol (5):3; hal 22-27
- [8] Hess HD, Kreuzer M, Diaz TE, Lascano CE, Carulla JE, Soliva CR, Machmüller A. 2003. Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. *Animal Feed Science and Technology*. 109(1-4): 79-94. <http://doi.org/cwkrfj>
- [9] Jayanegara A, Makkar HPS, Becker K. 2009a. Emisi metana dan fermentasi rumen *In Vitro* ransum hay yang mengandung tannin murni pada konsentrasi rendah. *Media Peternakan*. 32(3): 185-195.
- [10] Jayanegara *et al.*, 2014. Meta-analysis on Methane Mitigating Properties of Saponin-rich Sources in the Rumen: Influence of Addition Levels and Plant Sources. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2014 Oct; 27(10): 1426-1435

- [11] Iqbal MF, Cheng YF, Zhu WY, Zeshan B. 2008. Mitigation of ruminant methane production: current strategies, constraints and future options. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 24(12): 2747-2755. <http://doi.org/dgfsxd>.
- [12] Cottle DJ, Nolan JV, Wiedemann SG. 2011. Ruminant enteric methane mitigation: a review. *Animal Production Science*. 51(6): 491-514. <http://doi.org/fqjt9p>.