

Kinetika Produksi Gas, Kecernaan Bahan Organik dan Produksi Gas Metana *in Vitro* pada Hay dan Jerami yang Disuplementasi Hijauan Mengandung Tanin

Gas Production Kinetics, Organic Matter Digestibility and Methane Production *in Vitro* in Hay and Straw Diets Supplemented by Tannin-Containing Forages

A. Jayanegara^{a 1*}, A. Sofyan^b, H.P.S. Makkar^a & K. Becker^a

^a Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics (480b)
University of Hohenheim, Fruwirthstrasse 12, 70593 Stuttgart, Germany

^b Bagian Pakan dan Nutrisi Ternak, UPT. Balai Pengembangan Proses dan Teknologi Kimia – LIPI
Jln. Yogya-Wonosari Km. 31, Gading, Playen, Gunungkidul, D.I. Yogyakarta 55861

(Diterima 12-01-2009; disetujui 25-03-2009)

ABSTRACT

This research was aimed to evaluate supplementation of tannin-containing forages, namely *Rhus typhina* and *Salix alba* into hay and straw diets on rumen fermentation parameters *in vitro*, especially on methane production. Supplementation was applied at 30% dry matter replacement from hay and straw diets. Treatments consisted of: H (hay), J (straw), RT (*R. typhina*), SA (*S. alba*), H:RT (hay:*R. typhina*, 70:30), H:SA (hay:*S. alba*, 70:30), J:RT (straw:*R. typhina*, 70:30), and J:SA (straw:*S. alba*, 70:30). Incubation was applied using Hohenheim gas production method for 24 hours. Variables measured after incubation were cumulative and kinetics of gas production, methane emission and organic matter digestibility. The results showed that supplementation of *R. typhina* and *S. alba* decreased ($P < 0,05$) percentage of methane production by 11,2% and 4,3% when added to hay, respectively; while it decreased ($P < 0,05$) percentage methane production by 15,8% and 6,1% when added to straw, respectively. Additionally, supplementation of these tannin-containing forages significantly increased ($P < 0,05$) organic matter digestibility of hay and straw. It was concluded that supplementation of tannin-containing forages could strategically be used to decrease methane emission from rumen fermentation *in vitro*, and at the same time increase the quality of basal diets.

Key words: gas production, digestibility, tannin, methane, forage

PENDAHULUAN

Ternak ruminansia dapat mengkonversi pakan hijauan yang kurang memberikan manfaat secara langsung terhadap manusia menjadi bahan pangan bernilai gizi berkualitas tinggi

¹ Alamat institusi asal:

Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor
Jln. Agatis Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

* Korespondensi:

e-mail: anu_jayanegara@yahoo.com

seperti daging dan susu. Produk lain berupa nonpangan juga dihasilkan dari ternak ruminansia seperti kulit dan bulu. Namun demikian, ternak ruminansia menghasilkan gas metana (CH_4) yang berkontribusi terhadap akumulasi gas rumah kaca di atmosfer yang berdampak pada pemanasan global (Monteny *et al.*, 2001). Produksi gas metana dari ternak ruminansia berkontribusi terhadap 95% dari total emisi metana yang dihasilkan oleh ternak dan manusia, dan sekitar 18% dari total gas rumah kaca di atmosfer (Kreuzer & Soliva, 2008). Emisi metana ini tidak hanya terkait dengan masalah lingkungan, namun juga merefleksikan hilangnya sebagian energi dari ternak sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk proses produksi. Sekitar 6%-10% dari energi bruto pakan yang dikonsumsi ternak ruminansia hilang sebagai metana (Jayanegara, 2008a). Berdasarkan hal tersebut maka pengembangan strategi pemberian pakan yang dapat mereduksi emisi metana ternak ruminansia akan bermanfaat baik jangka panjang dalam mengurangi laju akumulasi gas rumah kaca, maupun jangka pendek dalam mengurangi kehilangan energi pada ternak.

Berbagai upaya telah dilakukan dalam mengurangi emisi metana ruminansia seperti suplementasi konsentrat (Lovett *et al.*, 2005), lipid (Ungerfeld *et al.*, 2005), asam organik (Newbold *et al.*, 2005), minyak atsiri (Evans & Martin, 2000), serta probiotik dan prebiotik (Takahashi *et al.*, 2005), baik *in vitro*, maupun *in vivo*. Senyawa antibiotik seperti monensin dan lasalosid juga telah digunakan untuk menurunkan produksi metana (Fuller & Johnson, 1981). Namun demikian penggunaan antibiotik telah dilarang di Uni Eropa sejak 2006 dan negara-negara di luar Uni Eropa pun sedang mempertimbangkan untuk melarang penggunaan antibiotik. Kondisi tersebut membuat para ilmuwan mulai mengintensifkan penelitian pada senyawa-senyawa alami yang terdapat pada tanaman sebagai zat aditif pakan untuk meningkatkan produktivitas ternak (Makkar *et al.*, 2007), termasuk dalam menurunkan produksi metana (Soliva *et al.*, 2008). Tanin atau polifenol merupakan salah satu senyawa yang berpotensi menurunkan emisi metana di antara

senyawa-senyawa alami yang terdapat pada tanaman (Jayanegara *et al.*, 2008b).

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati efek suplementasi hijauan mengandung tanin yakni *Salix alba* dan *Rhus typhina* pada hay dan jerami terhadap kinetika produksi gas, produksi gas metana serta pencernaan bahan organik secara *in vitro* yang diinkubasi menggunakan metode produksi gas Hohenheim.

MATERI DAN METODE

Alat dan Bahan

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah: hay yang berasal dari rumput lapang, jerami barley, dedaunan dari hijauan *Salix alba* dan *Rhus typhina*, medium inkubasi cairan rumen-buffer dengan komposisi 630 ml larutan buffer bikarbonat, 315 ml larutan mineral makro, 0,16 ml larutan mineral mikro, 1,6 ml larutan 0,4% resazurin, 945 ml air terdestilasi, 60 ml larutan pereduksi dan 660 ml cairan rumen (Makkar *et al.*, 1995), tabung *in vitro*, dan *water bath*.

Inkubasi *in Vitro*

Sampel pakan dikeringkan dalam oven bersuhu 60 °C, digiling dan disaring menggunakan alat penyaring berukuran 1 mm. Sampel diinkubasi *in vitro* berdasarkan metode Menke *et al.* (1979) yang dimodifikasi oleh Blümmel *et al.* (1997). Sebanyak 380 mg sampel diinkubasikan ke dalam medium berupa cairan rumen-buffer. Cairan rumen diambil pada pagi hari dari sapi friesian holstein berfistula sebelum diberi pakan. Setelah koleksi, cairan rumen dibawa ke laboratorium, disaring dengan saringan nilon berukuran 100 μm , dan ditambah buffer tereduksi. Rumen-buffer dijenuhkan dengan gas CO_2 selama 10 menit sebelum dimasukkan ke dalam tabung *syringe* untuk menjamin kondisi anaerob dalam reaksi. Sampel dimasukkan ke dalam tabung dan ditutup dengan piston yang telah dilubrikasi oleh vaselin. Sebanyak 30 ml cairan rumen-buffer dimasukkan ke dalam masing-masing tabung

melalui saluran inlet, kemudian tabung segera dimasukkan ke dalam *water bath* bersuhu 39 °C. Produksi gas diamati pada jam ke-0, 4, 8, dan 24 setelah dilakukan inkubasi.

Analisis Komposisi Kimia Pakan

Komposisi nutrisi pakan dianalisa menggunakan analisis proksimat dan analisis serat Van Soest (Van Soest & Robertson, 1985). Kandungan total fenol dan total tanin dianalisa menggunakan metode folin-ciocalteu, sedangkan kandungan tanin terkondensasi dianalisis menggunakan metode butanol-HCl (Makkar, 2003).

Rancangan Percobaan dan Peubah yang Diamati

Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 ulangan. Perlakuan yang diujikan dalam penelitian ini sebagai berikut: H=hay dari rumput lapang; J=jerami barley; RT=*R. typhina*; SA=*S. alba*; H:RT=hay:*R. typhina* 70:30 (w/w); H:SA=hay:*S. alba* 70:30 (w/w); J:RT=jerami:*R. typhina* 70:30 (w/w); dan J:SA=jerami:*S. alba* 70:30 (w/w).

Peubah yang diamati adalah: (1) komposisi nutrisi dan kandungan tanin pakan (komposisi hijauan *R. typhina* dan *S. alba* didapatkan dari Jayanegara & Sofyan (2008c)), (2) kinetika produksi gas dan produksi gas kumulatif, (3) produksi gas metana, dan (4) pencernaan bahan organik (KBO).

Kinetika Produksi Gas

Kinetika produksi gas diestimasi melalui persamaan eksponensial yang dideskripsikan oleh Ørskov & McDonald (1979) berikut:

$$p = a + b(1 - e^{-ct})$$

Nilai p adalah produksi gas kumulatif pada waktu t jam, sedangkan a , b dan c merupakan konstanta dari persamaan eksponensial tersebut. Konstanta dapat diinterpretasikan sebagai

produksi gas dari fraksi yang mudah larut (a), produksi gas dari fraksi yang tidak larut namun dapat difermentasikan (b) dan laju reaksi pembentukan gas (c), dengan demikian $a + b$ dapat diartikan sebagai produksi gas maksimum yang dapat terbentuk selama proses fermentasi pada waktu t mendekati tak hingga. Penghitungan konstanta persamaan eksponensial dilakukan dengan *curve fitting program* pada MS Excel menggunakan metode neway.

Penentuan Kandungan Gas Metana

Kandungan gas metana diukur menggunakan *infrared methane analyzer* (Pronova Analysentechnik GmbH & Co. KG, Berlin, Germany) yang dikalibrasi dengan gas metana murni berkadar 10,6% (Goel *et al.*, 2008). Setelah dilakukan pengamatan terhadap volume gas total, saluran keluar dari tabung *in vitro* dimasukkan ke dalam saluran masuk dari *methane analyzer*. Data yang diperoleh adalah berupa persentase kandungan metana dalam kandungan gas total.

Penentuan Kecernaan Bahan Organik

Setelah 24 jam inkubasi, residu pakan dalam tabung dikeluarkan dan dicampurkan dengan larutan detergen netral, ditransfer ke cawan, dibilas, dikeringkan dan diabukan. Nilai kecernaan bahan organik (KBO) didapatkan melalui selisih kandungan bahan organik (BO) awal sebelum inkubasi dan setelah inkubasi, proporsional terhadap kandungan BO sebelum inkubasi tersebut (Blümmel *et al.*, 1997).

Analisis Statistik

Data yang dihasilkan dari percobaan dianalisa secara statistik menggunakan analisis sidik ragam dan jika terdapat perbedaan nyata maka dilakukan uji tukey. Analisis korelasi dilakukan terhadap komposisi kimia pakan dan peubah fermentasi rumen (Steel & Torrie, 1980). Analisis data dilakukan menggunakan software statistik STATISTICA versi 6.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia Pakan

Hasil analisis komposisi kimia pakan tunggal dan pakan campuran secara berurutan terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa komposisi nutrisi bahan pakan yang diuji bervariasi. Hay dan jerami tidak mengandung senyawa fenol, sedangkan *R. typhina* dan *S. alba* mengandung total fenol dan total tanin yang tinggi. Tanin pada *R. typhina* didominasi oleh jenis tanin terhidrolisis disebabkan rendahnya kandungan tanin terkondensasi pada hijauan ini, yakni hanya 0,08% dari total bahan kering. Sementara itu *S. alba* mengandung tanin terkondensasi sebesar 1,45% dari total bahan kering. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa *R. typhina* mewakili suplementasi hijauan bertanin jenis terhidrolisis sedangkan *S. alba* mewakili suplementasi hijauan bertanin jenis terkondensasi.

Kandungan protein kasar hijauan *R. typhina* dan *S. alba* lebih dari 12%. Kandungan protein kasar pada *S. alba* sedikit berbeda dengan yang dilaporkan oleh Moore *et al.* (2003) yakni sebesar 11,3%. Perbedaan kandungan nutrisi ini dapat bervariasi dikarenakan perbedaan varietas, kondisi lingkungan

tanaman tersebut tumbuh, dan umur hijauan tersebut pada saat dipanen. Berdasarkan hal tersebut dapat diharapkan bahwa suplementasi keduanya tidak hanya bertujuan untuk menurunkan kandungan metana dalam proses fermentasi di rumen, melainkan juga dapat meningkatkan produktivitas ternak ruminansia melalui penyediaan suplai nitrogen dan asam amino, baik pada mikroba rumen maupun pada ternak secara langsung melalui proses absorpsi pascarumen di usus halus (Bach *et al.*, 2005). Kondisi ini khususnya lebih berpotensi ketika pakan dasar yang digunakan adalah pakan yang berkualitas sangat rendah seperti jerami. Kandungan protein kasar jerami barley sangat rendah (4,5%) dengan persentase ADF tinggi (55,3%) yang merupakan fraksi sulit dicerna. Suplementasi *R. typhina* dan *S. alba* pada hay dan jerami meningkatkan kandungan protein kasar dan menurunkan kandungan ADF dibandingkan kondisi tanpa suplementasi (Tabel 2).

Produksi Gas, Kecernaan dan Produksi Metana

Data produksi gas setelah 24 jam inkubasi, koefisien kinetika produksi gas dan kecernaan bahan organik perlakuan terdapat

Tabel 1. Komposisi kimia pakan tunggal yang diujikan (%BK)

Peubah	Hay	Jerami barley	<i>Rhus typhina</i> ^a	<i>Salix alba</i> ^a
Bahan kering	93,60	95,50	93,90	94,20
Bahan organik	89,30	94,00	92,20	90,40
Abu	10,70	6,00	7,30	9,00
Protein kasar	11,20	4,50	14,00	16,90
Lemak kasar	2,00	1,50	5,60	1,70
NDF	52,80	78,40	22,00	32,20
ADF	32,60	55,30	17,40	18,50
Hemiselulosa	20,20	23,10	4,60	13,70
Total fenol ^b	0,00	0,00	22,16	5,65
Total tanin ^b	0,00	0,00	20,93	3,55
Tanin terkondensasi ^c	0,00	0,00	0,08	1,45

Keterangan: NDF=neutral detergent fibre; ADF=acid detergent fibre; a=data berdasarkan Jayanegara & Sofyan (2008c); b=sebagai ekuivalen tannic acid; c=sebagai ekuivalen leucocyanidin.

Tabel 2. Komposisi kimia pakan campuran yang diujikan (%BK)

Peubah	H:RT	H:SA	J:RT	J:SA
Bahan kering	93,70	93,80	95,00	95,10
Bahan organik	90,20	89,60	93,50	92,90
Abu	9,70	10,20	6,40	6,90
Protein kasar	12,00	12,90	7,40	8,20
Lemak kasar	3,10	1,90	2,70	1,60
NDF	43,60	46,60	61,50	64,50
ADF	28,00	28,40	43,90	44,30
Hemiselulosa	15,50	18,30	17,60	20,30
Total fenol ^b	6,65	1,70	6,65	1,70
Total tanin ^b	6,28	1,07	6,28	1,07
Tanin terkondensasi ^c	0,02	0,44	0,02	0,44

Keterangan: H:RT=Hay:*Rhus typhina* 70:30 (w/w); H:SA=Hay:*Salix alba* 70:30 (w/w); J:RT=Jerami:*R. typhina* 70:30 (w/w); J:SA=Jerami:*S. alba* 70:30 (w/w); NDF=neutral detergent fibre; ADF=acid detergent fibre; a=berdasarkan hasil perhitungan dari Tabel 1; b=sebagai ekuivalen *tannic acid*; c=sebagai ekuivalen *leucocyanidin*.

pada Tabel 3. Produksi gas tertinggi selama 24 jam waktu inkubasi dihasilkan oleh hijauan *S. alba* yakni sebanyak 74,2 ml, sementara produksi gas terendah dihasilkan oleh jerami barley yakni 33,8 ml. Suplementasi *R. typhina* dan *S. alba* pada jerami barley meningkatkan ($P<0,05$) produksi gas sebanyak 13,3% dan 38,8% dibandingkan tanpa suplementasi.

Produksi gas maksimum (a + b) tertinggi pada perlakuan hay dan *S. alba*, sementara *R. typhina* menghasilkan gas yang relatif sedikit, baik pada waktu inkubasi 24 jam maupun produksi gas maksimumnya. Produksi gas pada 24 jam inkubasi telah menghasilkan gas lebih dari 75% produksi gas maksimumnya pada hampir semua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa

Tabel 3. Produksi gas, konstanta a + b dan c, serta kecernaan bahan organik ransum perlakuan

Perlakuan	Gas ^a (ml)	a + b (ml)	c (ml/jam)	KBO (%)
H	68,8 ^c	85,3 ^c	0,071 ^{cd}	64,2 ^d
J	33,8 ^a	td*	0,003 ^a	41,2 ^a
RT	48,8 ^c	53,9 ^a	0,101 ^g	85,7 ^f
SA	74,2 ^f	83,6 ^c	0,090 ^f	86,7 ^f
H:RT	63,4 ^d	73,8 ^b	0,081 ^{de}	68,9 ^e
H:SA	72,7 ^f	84,2 ^c	0,082 ^{ef}	70,8 ^e
J:RT	38,3 ^b	49,1 ^a	0,063 ^c	51,1 ^b
J:SA	46,9 ^c	71,2 ^b	0,045 ^b	55,4 ^c
SEM	3,35	3,52	0,007	3,13

Keterangan: KBO=kecernaan bahan organik; H=hay; J=jerami; RT=*Rhus typhina*; SA=*Salix alba*; H:RT=Hay:*R. typhina* 70:30 (w/w); H:SA=Hay:*S. alba* 70:30 (w/w); J:RT=Jerami:*R. typhina* 70:30 (w/w); J:SA=Jerami:*S. alba* 70:30 (w/w); a=setelah inkubasi selama 24 jam; a + b=produksi gas maksimum pada t mendekati tak hingga (asimtot); c=laju produksi gas kumulatif; *td=tidak ditentukan. Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P<0,05$).

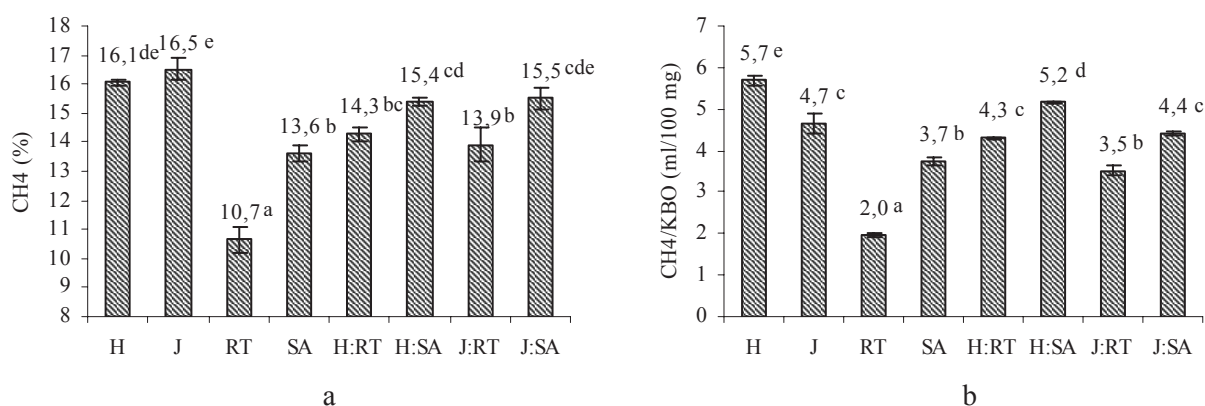
laju produksi gas *in vitro* semakin berkurang seiring dengan meningkatnya waktu inkubasi, disebabkan substrat yang dapat difermentasi juga semakin berkurang jumlahnya (Hungate, 1966; Jayanegara & Sofyan, 2008c).

Produksi gas maksimum jerami barley tidak dapat diestimasi karena pada waktu 24 jam inkubasi masih belum didapatkan perlambatan produksi gas sehingga kurva terlihat linier, sebagai akibat rendahnya laju produksi gas (konstanta c) pada jerami barley, yakni hanya 0,003 ml/jam. Berdasarkan hal tersebut untuk bahan berserat sangat tinggi (khususnya fraksi serat ADF) seperti jerami, kinetika produksi gas tidak cukup jika diamati hanya pada 24 jam awal inkubasi, melainkan perlu waktu pengamatan yang lebih lama. Beberapa penelitian lain yang mengevaluasi kinetika produksi gas pada bahan pakan berserat tinggi melakukan pengamatan hingga 72 jam, bahkan hingga 96 jam setelah inkubasi untuk mendapatkan koefisien kinetika yang lebih akurat (Kamalak et al., 2004; Arigbede et al., 2006; Tiemann et al., 2008). Hijauan *R. typhina* sangat cepat difermentasi, dibuktikan dengan nilai c yang tinggi. Meskipun difermentasi dengan cepat, produksi gas maksimumnya tidak tinggi. Hal ini berkebalikan dengan hijauan *S. alba* yang difermentasi tidak begitu cepat, namun menghasilkan produksi gas maksimum yang

sangat tinggi. Karakteristik ini terlihat pada *R. typhina* dan *S. alba* baik sebagai pakan tunggal maupun sebagai pakan campuran dengan hay dan jerami.

Suplementasi hijauan *R. typhina* dan *S. alba* pada hay dan jerami barley meningkatkan ($P < 0,05$) KBO dibandingkan tanpa suplementasi. Hal ini menunjukkan bahwa pencernaan lebih dipengaruhi oleh kadar ADF dalam bahan, dan kurang dipengaruhi oleh kadar tanin bahan. Ini dibuktikan dengan nilai KBO *R. typhina* dan *S. alba* lebih besar dari 85%. Hubungan antara tingginya kandungan serat, khususnya komponen ADF yang mengandung lignoselulosa dengan rendahnya pencernaan telah lama diketahui. Komponen struktural tanaman seperti selulosa, lignin, dinding sel, NDF dan ADF mempengaruhi secara negatif pencernaan nutrisi ransum pada domba, sedangkan karbohidrat mudah larut (pati) dan protein kasar dapat meningkatkan pencernaan nutrisi tersebut (Fonnesbeck et al., 1981; De Boever et al., 2005).

Produksi gas metana *in vitro*, yang diekspresikan dalam persentase metana dalam total gas dan produksi metana per unit bahan organik tercerna setelah 24 jam waktu inkubasi dari masing-masing perlakuan terdapat pada Gambar 1. Persentase metana pada hay dan jerami tidak berbeda dan berkisar



Gambar 1. Produksi metana/CH₄ (a) dan produksi metana per unit bahan organik tercerna (b) dari ransum perlakuan. KBO = pencernaan bahan organik; H = hay; J = jerami; RT = *Rhus typhina*; SA = *Salix alba*; H:RT = Hay:*R. typhina* 70:30 (w/w); H:SA = Hay:*S. alba* 70:30 (w/w); J:RT = Jerami:*R. typhina* 70:30 (w/w); J:SA = Jerami:*S. alba* 70:30 (w/w). Superskrip berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,01$).

pada angka 16%, yakni sekitar 16 ml metana dihasilkan dari 100 ml total gas. *R. typhina* dan *S. alba* menghasilkan metana yang lebih rendah ($P < 0,05$) dibandingkan dengan hay dan jerami, yakni secara berurutan 10,7% dan 13,6% dari total gas. Suplementasi hijauan *R. typhina* pada hay dan jerami sebanyak 30% dari bobot kering dapat menurunkan produksi metana sebanyak 11,2% dan 15,8%, sementara suplementasi *S. alba* pada hay dan jerami menurunkan metana sebesar 4,3% dan 6,1%. Jika peubah metana diekspresikan sebagai produksi metana per unit BO tercerna, maka suplementasi *R. typhina* pada hay dan jerami dapat menurunkan metana sebesar 24,6% dan 25,5%, sedangkan suplementasi *S. alba* menurunkan metana sebesar 8,8% dan 6,4%. Hal ini berarti hijauan *R. typhina* lebih efektif dalam menurunkan metana dibandingkan dengan *S. alba* ketika disuplementasikan pada hay dan jerami.

Data ini menunjukkan bahwa suplementasi hijauan yang mengandung tanin dapat menurunkan emisi metana dari sistem fermentasi rumen secara *in vitro*, seperti juga telah dilaporkan oleh Carulla *et al.* (2005), Puchala *et al.* (2005), dan Jayanegara *et al.* (2008b) dengan menggunakan jenis hijauan dan perlakuan yang berbeda. Mekanisme penghambatan produksi metana pada ternak ruminansia telah digagas oleh Tavendale *et al.* (2005), yakni (1)

secara tidak langsung melalui penghambatan pencernaan serat yang mengurangi produksi H_2 , dan (2) secara langsung menghambat pertumbuhan dan aktivitas metanaogen. Lebih lanjut Jayanegara (2008d) menambahkan bahwa tanin terkondensasi menurunkan metana melalui mekanisme pertama dari yang digagas oleh Tavendale *et al.* (2005), sedangkan tanin yang mudah terhidrolisis lebih berperan pada mekanisme yang kedua. Di samping itu, tanin juga menghambat pertumbuhan protozoa yang menjadi salah satu inang utama metanaogen.

Matriks Korelasi Antar Peubah

Tabel 4 menampilkan matriks korelasi (r) antara komposisi kimia pakan dan peubah-peubah fermentasi rumen, yakni produksi gas selama 24 jam waktu inkubasi, koefisien persamaan eksponensial $a + b$ dan c , KBO, dan produksi gas metana. Produksi gas nyata ($P < 0,05$) dipengaruhi secara positif oleh protein kasar ($r = 0,81$) dan secara negatif oleh kandungan ADF ($r = -0,72$). Hal ini disebabkan protein merupakan komponen yang sangat mudah didegradasi dalam rumen, kecuali protein yang diproteksi menggunakan senyawa tertentu, sedangkan ADF terdiri atas ligno-selulosa dan silika yang sangat sulit didegradasi dalam rumen (Fonnesbeck *et al.*, 1981). Penjelasan ini didukung oleh data koefisien korelasi

Tabel 4. Matriks korelasi (r) antara komposisi kimia pakan dan peubah fermentasi rumen

Peubah	Gas	$a + b$	c	KBO	CH_4	CH_4/KBO
Protein kasar	0,81*	0,44 ^{tn}	0,89**	0,98***	-0,55 ^{tn}	-0,26 ^{tn}
Lemak kasar	-0,15 ^{tn}	-0,65 ^{tn}	0,57 ^{tn}	0,49 ^{tn}	-0,88**	-0,79*
NDF	-0,57 ^{tn}	-0,00 ^{tn}	-0,93***	-0,98***	0,81*	0,55 ^{tn}
ADF	-0,72*	-0,23 ^{tn}	-0,94***	-0,99***	0,68 ^{tn}	0,39 ^{tn}
Hemiselulosa	-0,15 ^{tn}	0,46 ^{tn}	-0,77*	-0,80*	0,97***	0,84**
Total fenol	-0,13 ^{tn}	-0,66 ^{tn}	0,60 ^{tn}	0,60 ^{tn}	-0,97***	-0,92***
Total tanin	-0,18 ^{tn}	-0,69 ^{tn}	0,56 ^{tn}	0,54 ^{tn}	-0,95***	-0,90**
Tanin terkondensasi	0,53 ^{tn}	0,45 ^{tn}	0,31 ^{tn}	0,54 ^{tn}	-0,12 ^{tn}	-0,08 ^{tn}

Keterangan: KBO=kecernaan bahan organik; CH_4 =metana; $a + b$ =produksi gas maksimum pada t mendekati tak hingga (asimtot); c =laju produksi gas kumulatif; ^{tn}=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata pada $P < 0,05$; **=berbeda nyata pada $P < 0,01$; ***=berbeda nyata pada $P < 0,001$; NDF=*neutral detergent fibre*; ADF=*acid detergent fibre*.

pada peubah laju fermentasi rumen (koefisien kinetika c), dengan nilai r pada protein kasar adalah 0,89 ($P < 0,01$) dan nilai r pada ADF adalah -0,94 ($P < 0,001$). Pola hubungan yang sama dengan produksi gas didapatkan pada peubah KBO. Nilai KBO dipengaruhi secara positif oleh kandungan protein kasar dan dipengaruhi secara negatif oleh kandungan serat, baik NDF; ADF maupun hemiselulosa.

Kandungan metana meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan NDF dan hemiselulosa. Meningkatnya kandungan NDF akan meningkatkan kadar metana melalui perubahan proporsi asam lemak terbang (VFA, volatile fatty acids) ke arah peningkatan proporsi asam asetat yang memproduksi gas hidrogen (H_2) sebagai substrat pada reaksi metanaogenesis (Jayanegara *et al.*, 2008b). Berdasarkan hal tersebut maka salah satu cara mengurangi emisi metana pada ternak ruminansia adalah dengan meningkatkan proporsi konsentrat yang berarti meningkatkan proporsi karbohidrat mudah larut terhadap kandungan seratnya (Beauchemin *et al.*, 2008; Kreuzer & Soliva, 2008), meskipun hal ini tidak mudah dilakukan khususnya di negara-negara berkembang karena meningkatkan biaya produksi yang belum tentu sebanding dengan meningkatnya produktivitas ternak.

Lemak secara nyata menurunkan persentase metana dalam total gas ($P < 0,01$) dan produksi metana per unit bahan organik tercerna ($P < 0,05$) dengan koefisien korelasi secara berurutan adalah -0,88 dan -0,79. Lemak menurunkan emisi metana melalui beberapa mekanisme yakni mengurangi fermentasi bahan organik serta mengurangi aktivitas metanaogen dan jumlah protozoa. Khusus bagi lemak yang kaya akan kandungan asam lemak tidak jenuh, mekanisme penurunan emisi metana juga melalui reaksi hidrogenasi pada gugus tak jenuh sebagai akseptor hidrogen (Johnson & Johnson, 1995). Asam lemak jenuh dengan panjang rantai karbon medium, yakni antara C_{10} - C_{14} , juga terbukti dapat menurunkan emisi metana dengan efektivitas yang menurun seiring dengan semakin panjangnya rantai karbon disebabkan rendahnya kelarutan asam

lemak tersebut (Bucher *et al.*, 2008). Secara umum pengurangan emisi metana melalui lemak berkisar antara 10%-25%, meskipun pengurangan di atas 40% juga mungkin melalui suplementasi lemak dengan jumlah yang cukup banyak. Namun demikian hal ini terkendala pada jumlah lemak yang dapat disuplementasikan, yakni tidak melebihi 6%-7% dari bahan kering karena jika melebihi akan menurunkan konsumsi ransum secara drastis (Beauchemin *et al.*, 2008).

Fraksi senyawa polifenol yang secara nyata menurunkan produksi gas metana adalah total fenol (yang terdiri atas senyawa fenol dan total tanin dan senyawa fenol bukan tanin) dan total tanin, sedangkan tanin terkondensasi tidak terbukti menurunkan metana melalui koefisien korelasi pada penelitian ini. Data ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Jayanegara *et al.* (2008b), bahwa total fenol, total tanin dan tanin bioassay (persentase meningkatnya produksi gas ketika tanin diinaktivasi dengan polietilen glikol, PEG) menurunkan produksi metana sedangkan tanin terkondensasi tidak. Berlawanan dengan hasil ini, tanin terkondensasi secara signifikan dapat menurunkan emisi metana (Puchala *et al.*, 2005; Animut *et al.*, 2008). Berdasarkan hal tersebut efek tanin terkondensasi terhadap produksi metana masih belum konsisten, apakah dapat menurunkan atau tidak. Hal ini sangat bergantung pada tanaman sumber tanin terkondensasi tersebut, karena struktur senyawa tanin terkondensasi sangat bervariasi antara satu tanaman dengan tanaman lainnya.

KESIMPULAN

Suplementasi hijauan *R. thyphina* dan *S. alba* yang mengandung senyawa tanin pada pakan hijauan kualitas rendah (hay dan jerami) dapat meningkatkan pencernaan bahan organik dan menurunkan produksi metana. Penambahan hijauan *R. typhina* pada hay dan jerami sebanyak 30% lebih efektif dibandingkan dengan *S. alba* dengan persentase penurunan metana 11,2% vs 4,3% pada hay dan 15,8% vs 6,1% pada jerami.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Klaus Becker dan Prof. Dr. Harinder P. S. Makkar dari University of Hohenheim-Stuttgart, Germany atas bimbingannya, serta kepada Mr. Herrmann Baumgärtner dan Mrs. Beatrix Fischer atas bantuan teknisnya selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Animut, G., R. Puchala, A. L. Goetsch, A. K. Patra, T. Sahlu, V. H. Varel & J. Wells.** 2008. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. *Anim. Feed Sci. Technol.* 144: 212-227.
- Arigbede, O. M., U. Y. Anele, J. A. Olanite, I. O. Adekunle, O. A. Jolaosho & O. S. Onifade.** 2006. Seasonal *in vitro* gas production parameters of three multi-purpose tree species in Abeokuta, Nigeria. *Livest. Res. Rural Dev.* 18: Article #142. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/10/arig18142.html> [8 Januari 2009].
- Bach, A., S. Calsamiglia & M. D. Stern.** 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88: E9-E21.
- Beauchemin, K. A., M. Kreuzer, F. O'Mara & T. A. McAlister.** 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 48: 21-27.
- Blümmel, M., H. Steingass & K. Becker.** 1997. The relationship between *in vitro* gas production, *in vitro* microbial biomass yield and ¹⁵N incorporated and its implication for the prediction of voluntary feed intake of roughages. *Br. J. Nutr.* 77: 911-921.
- Bucher, S., L. Meile, M. Kreuzer & C. R. Soliva.** 2008. Inhibitory effect of four saturated fatty acids on different methanogenic Archaea in pure cultures. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 17: 157.
- Carulla, J. E., M. Kreuzer, A. Machmüller & H. D. Hess.** 2005. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 56: 961-970.
- De Boever, J. L., J. M. Aerts, J. M. Vanacker & D. L. De Brabander.** 2005. Evaluation of the nutritive value of maize silages using a gas production technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123-124: 255-265.
- Evans, J. D. & S. A. Martin.** 2000. Effects of thymol on ruminal microorganisms. *Curr. Microbiol.* 41: 336-340.
- Fonnesbeck, P. V., J. L. Christiansen & L. E. Harris.** 1981. Factors affecting digestibility of nutrients by sheep. *J. Anim. Sci.* 52: 363-376.
- Fuller, J. R. & D. E. Johnson.** 1981. Monensin and lasalocid effects on fermentation *in vitro*. *J. Anim. Sci.* 53: 1574-1580.
- Goel, G., H. P. S. Makkar & K. Becker.** 2008. Effect of *Sesbania sesban* and *Carduus pycnocephalus* and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seeds and their extracts on partitioning of nutrients from roughage- and concentrate-based feeds to methane. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147: 72-89.
- Hungate, R. E.** 1966. *The Rumen and Its Microbes.* Academic Press, New York.
- Jayanegara, A.** 2008a. Reducing methane emissions from livestock: nutritional approaches. Proceedings of Indonesian Students Scientific Meeting (ISSM), Institute for Science and Technology Studies (ISTECS) European Chapter, 13-15 May 2008, Delft, the Netherlands: 18-21.
- Jayanegara, A., N. Togtokhbayar, H. P. S. Makkar & K. Becker.** 2008b. Tannins determined by various methods as predictors of methane production reduction potential of plants by an *in vitro* rumen fermentation system. *Anim. Feed Sci. Technol.* (*in press*), [doi:10.1016/j.anifeedsci.2008.10.011](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.10.011).
- Jayanegara, A. & A. Sofyan.** 2008c. Penentuan aktifitas biologis tannin beberapa hijauan secara *in vitro* menggunakan 'Hohenheim Gas Test' dengan polietilen glikol sebagai determinan. *Med. Pet.* 31 (1): 44-52.
- Jayanegara, A.** 2008d. Methane reduction effect of polyphenol containing plants, simple phenols and purified tannins in *in vitro* rumen fermentation system. Master Thesis. University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.
- Johnson, K. A. & D. E. Johnson.** 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 2483-2492.
- Kamalak, A., O. Canbolat, Y. Gurbuz, O. Ozay, C. O. Ozkan & M. Sakarya.** 2004. Chemical composition and *in vitro* gas production characteristics of several tannin containing tree leaves. *Livest. Res. Rural Dev.* 16: Article #44. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/6/kama16044.htm> [8 Januari 2009].

- Kreuzer, M. & C. R. Soliva.** 2008. Nutrition: key to methane mitigation in ruminants. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 17: 168-171.
- Lovett, D. K., L. J. Stack, S. Lovell, J. Callan, B. Flynn, M. Hawkins & F. P. O'Mara.** 2005. Manipulating enteric methane emissions and animal performance of late-lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture. *J. Dairy Sci.* 88: 2836-2842.
- Makkar, H. P. S., M. Blümmel & K. Becker.** 1995. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. *Br. J. Nutr.* 73: 897-913.
- Makkar, H. P. S.** 2003. Quantification of Tannin in Tree and Shrub Legumes, A Laboratory Manual. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Makkar, H. P. S., G. Francis & K. Becker.** 2007. Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. *Animal* 1: 1371-1391.
- Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz & W. Schneider.** 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *J. Agric. Sci.* 93: 217-222.
- Monteny, G. J., C. M. Groenestein & M. A. Hilhorst.** 2001. Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 60: 123-132.
- Moore, K. M., T. N. Barry, P. N. Cameron, N. Lopez-Villalobos & D. J. Cameron.** 2003. Willow (*Salix* sp.) as a supplement for grazing cattle under drought conditions. *Anim. Feed Sci. Technol.* 104: 1-11.
- Newbold, C. J., S. Lopez, N. Nelson, J. O. Ouda, R. J. Wallace & A. R. Moss.** 2005. Propionate precursors and other metabolic intermediates as possible alternative electron acceptors to methanogenesis in ruminal fermentation *in vitro*. *Br. J. Nutr.* 94: 27-35.
- Ørskov, E. R. & I. McDonald.** 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92: 499-503.
- Puchala, R., B. R. Min, A. L. Goetsch & T. Sahlu.** 2005. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *J. Anim. Sci.* 83: 182-186.
- Soliva, C. R., A. B. Zeleke, C. Clement, H. D. Hess, V. Fievez & M. Kreuzer.** 2008. *In vitro* screening of various tropical foliage, seeds, fruits and medicinal plants for low methane and high ammonia generating potentials in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147: 53-71.
- Steel, R. G. D. & J. H. Torrie.** 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. McGraw-Hill, New York.
- Takahashi, J., B. Mwenya, B. Santoso, C. Sar, K. Umetsu, T. Kishimoto, K. Nishizaki, K. Kimura & O. Hamamoto.** 2005. Mitigation of methane emission and energy recycling in animal agricultural systems. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18: 1199-1208.
- Tavendale, M. H., L. P. Meagher, D. Pacheco, N. Walker, G. T. Attwood & S. Sivakumaran.** 2005. Methane production from *in vitro* rumen incubation with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123/124: 403-419.
- Tiemann, T. T., P. Avila, G. Ramirez, C. E. Lascano, M. Kreuzer, H. D. Hess.** 2008. *In vitro* ruminal fermentation of tanniferous tropical plants: plant-specific tannin effects and counteracting efficiency of PEG. *Anim. Feed Sci. Technol.* 146: 222-241.
- Ungerfeld, E. M., S. R. Rust, R. J. Burnett, M. T. Yokoyama & J. K. Wang.** 2005. Effects of two lipids on *in vitro* ruminal methane production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119: 179-185.
- Van Soest, P. J. & J. B. Robertson.** 1985. Analysis of Forage Fibrous, A Laboratory Manual for Animal Science. Vol. 613. Cornell University Press, Ithaca, New York.