

BUDI HARYANTO dan A. THALIB: *Emisi Metana dari Fermentasi Enterik: Kontribusinya secara Nasional*

EMISI METANA DARI FERMENTASI ENTERIK: KONTRIBUSINYA SECARA NASIONAL DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA PADA TERNAK

BUDI HARYANTO dan A. THALIB

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002

(Makalah diterima 16 Oktober 2009 – Revisi 8 Desember 2009)

ABSTRAK

Perubahan atmosfer bumi dapat dipengaruhi oleh kuantitas gas yang dihasilkan oleh aktivitas di bumi dan terkumpul di lapisan udara. Gas yang mempunyai pengaruh besar terhadap pemanasan global antara lain CO₂, N₂O, H₂O dan CH₄. Salah satu sumber penghasil gas CH₄ (metana) adalah ternak ruminansia, baik dari proses fermentasi rumen enterik maupun proses degradasi bahan organik dari kotoran ternak. Gas metana yang dihasilkan dari proses fermentasi rumen ternak ruminansia dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis dan tipe ternak, kualitas pakan, suhu lingkungan dan status fisiologis ternak. Energi dalam bentuk gas metana yang dihasilkan ternak dari proses fermentasi rumen dapat mencapai angka sekitar 2 hingga 15% dari total energi yang dimakan ternak. Untuk mengurangi emisi gas metana dari ternak perlu diupayakan melalui strategi pemberian pakan yang lebih efisien.

Kata kunci: Gas metana, panas bumi, ruminansia, fermentatif rumen

ABSTRACT

EMISSION OF METHANE FROM ENTERIC FERMENTATION: NATIONAL CONTRIBUTION AND FACTORS AFFECTING IT IN LIVESTOCK

Changing in atmosphere condition is affected by the quantity of gases produced from all activities on the earth. Gases that have effects on global warming are CO₂, N₂O, H₂O, and CH₄ (methane). Among other sources of methane are enteric fermentation of organic material from ruminants and feces decomposition. Methane production from ruminants is affected by several factors such as breed/type of animal, feed quality, environmental temperature and physiological status of the animal. Energy as methane in ruminants may reach 2 to 15% of the total energy consumption. To reduce the emission of methane from ruminants, it is necessary to apply a strategic feeding system for more efficient utilization of feed.

Key words: Methane, global warming, ruminants, rumen fermentation

PENDAHULUAN

Suhu bumi yang akan menentukan iklim global sangat dipengaruhi oleh adanya gas-gas di atmosfer, antara lain yang utama adalah uap air (65%), CO₂ (33%), dan yang lainnya 2% (yakni CH₄, N₂O dan O₃). Sebagian besar H₂O, CO₂, CH₄ dan N₂O berada di lapisan troposfir (dengan ketinggian 9,6 km), dimana iklim bumi ditentukan oleh lapisan ini, dan ozone (O₃) berada di lapisan stratosfir (dengan ketinggian 9,6 – 56 km) dimana konsentrasi maksimum O₃ berada di ketinggian 19,2 – 24 km, dan gas ini mampu berfungsi menyerap energi solar gelombang pendek ultra violet. Energi solar (radiasi elektromagnetik) yang dipancarkan matahari menuju bumi, hanya sebagian (sekitar 55%) yang langsung dapat mencapai permukaan bumi. Energi yang sampai ke permukaan bumi ini digunakan untuk berbagai proses antara lain

untuk pemanasan permukaan tanah, pencairan es dan salju, penguapan air dan fotosintesis pada tanaman. Pada tingkat lebih lanjut, proses pemanasan menyebabkan permukaan bumi menjadi radiator energi radiasi elektromagnetik dengan λ lebih panjang yang dipancarkannya kembali ke atmosfer berupa cahaya *infra red* (IR), kemudian IR ini diserap oleh gas-gas yang terdapat di atmosfer (PIDWIRNY, 2007). Energi IR yang diserap oleh gas-gas atmosfer ini dipancarkan kembali ke permukaan bumi dan menyebabkan terjadi peningkatan suhu permukaan bumi. Gas-gas atmosfer yang berperan seperti ini dikenal dengan gas rumah kaca (GRK). Prinsipnya, pada jumlah tertentu yang terbentuk melalui proses keseimbangan alam, GRK diperlukan untuk memelihara suhu bumi agar tetap panas (diperkirakan suhu bumi akan berada jauh dibawah nol derajat Celsius bila tidak terdapat GRK). Namun sebaliknya, bila terjadi peningkatan jumlah

GRK di atmosfer secara signifikan juga akan menyebabkan terjadinya peningkatan suhu secara signifikan. Hal tersebut, saat ini telah terjadi yakni telah terjadi pemanasan global (*global warming*). Penyebab terjadinya peningkatan konsentrasi GRK atmosfer dapat bersumber dari proses alami seperti sebagai akibat aktivitas kimiawi di alam baik dalam kegiatan biologis maupun dalam bentuk proses alam lainnya (*natural sources*), dan dari akibat aktivitas manusia (*anthropogenic*). Dibandingkan dengan era praindustri (sekitar pada tahun 1750), maka konsentrasi GRK saat ini mengalami peningkatan secara signifikan, yakni masing-masing mengalami kenaikan konsentrasi untuk CO₂ sebesar 34%, CH₄ sebesar 152% dan N₂O sebesar 18%. Memasuki era industri, muncul gas *chlorofluorocarbon* (CFC) yang berpotensi sebagai penyebab penipisan lapisan ozon (PIDWIRNY, 2007).

EMISI GAS RUMAH KACA GLOBAL DAN NASIONAL

Emisi GRK global diperlihatkan pada Tabel 1. Secara kumulatif dalam masa 50 tahun yang tanpa disertai *Land-Use Change and Forestry* (LUCF), Indonesia berada di luar 20 *top emitter*, namun bila disertai dengan proses LUCF Indonesia menjadi peringkat ke-5 dunia sebagai *emitter* GRK. Peningkatan signifikan nilai kumulatif emisi GRK di Indonesia terjadi karena disertai dengan proses LUCF secara tidak terkendali sejak 3 dekade terakhir, dimana kejadian ini sangat menonjol dalam 1 atau 2 dekade terakhir, sehingga Indonesia sebagai *emitter* GRK menempati peringkat ke-4 pada tahun 2000 (Tabel 1). Emisi GRK secara nasional dalam masa 5 tahun berikutnya diperlihatkan pada Tabel 2. Emisi GRK di sektor pertanian relatif tetap, namun total emisi nasional termasuk 20 *top emitter* dunia.

Tabel 1. Total emisi gas rumah kaca global (dalam juta ton CO₂-eq)

Kumulatif emisi GRK global dalam 50 tahun (1950 – 2000)		Emisi GRK global tahun 2000
tanpa LUCF	dengan LUCF	dengan LUCF
217.820	303.625	11.280
Indonesia ranking ke-21	Indonesia ranking ke-5	Indonesia ranking ke-4

LUCF: *Land-Use Change and Forestry*

Sumber: WALSER (2008)

Bagi dunia pertanian, perubahan cuaca dapat menyebabkan perubahan pola bertani karena adanya pergeseran iklim, terutama curah hujan, angin dan intensitasnya. Pemanasan global dapat menyebabkan mencairnya lapisan es dari kutub utara maupun kutub selatan. Dengan demikian akan terjadi peningkatan volume air laut yang berdampak pada meningkatnya permukaan laut. Pemanasan global juga menyebabkan lebih intensifnya penguapan dari permukaan bumi sehingga suhu lingkungan menjadi lebih tinggi dan produksi gas terutama H₂O meningkat. Apabila pemanasan tersebut menyebabkan kebakaran hutan (massa organik) maka akan mengakibatkan adanya peningkatan produksi gas CO₂ ke udara dan seterusnya. Oleh karena itu, produksi gas-gas yang mempunyai efek rumah kaca harus dapat ditekan melalui upaya mitigasi yang tepat.

Kegiatan pertanian memberikan kontribusi emisi GRK sekitar 5% dari emisi nasional GRK, dan uraian masing-masing kegiatan pertanian yang memberikan kontribusi terhadap emisi nasional GRK seperti diperlihatkan pada Tabel 3. Dengan demikian kontribusi emisi GRK subsektor peternakan secara nasional sekitar 1,2%, namun secara global aktivitas peternakan dunia memberikan kontribusi sebesar 12% dari emisi total dunia (DOURMAD *et al.*, 2008).

Tabel 2. Emisi nasional* GRK dari 2000 – 2005 untuk semua sektor (dalam juta ton CO₂ – eq)

Sektor	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Laju (%/th)
Energi	280,94	306,77	327,91	333,95	372,12	369,80	5,7
Industri	42,81	49,81	43,72	46,12	47,97	48,73	2,6
Pertanian	75,42	77,50	77,03	79,83	77,86	80,18	1,1
Limbah	157,33	160,82	162,80	164,07	165,80	166,83	1,2
LUCF	649,25	560,55	1.287,49	345,49	617,42	674,83	fluktuasi
<i>Peat fire</i>	172,00	194,00	678,00	246,00	440,00	451,00	fluktuasi
Total dengan LUCF	1.377,75	1349,45	2.576,95	1.215,46	1.721,18	1.991,37	fluktuasi
Total tanpa LUCF	556,50	594,90	611,46	623,97	663,76	665,54	3,2

LUCF: *Land-Use Change and Forestry*; *Perhitungan dengan metode IPCC (2006)

Sumber: MOE (2009)

Tabel 3. Emisi nasional GRK pada sektor pertanian (dalam juta ton CO₂-eq) tahun 2007

Sumber emisi	CO ₂ -eq* (juta ton)	Komposisi (%)
Padi/sawah	53,84	60,8
Ternak	21,32	24,1
Tanah pertanian	3,27	3,7
Pembakaran massa organik	10,10	11,4
Total	88,53	100

*Perhitungan dengan metode IPCC (2006)

Mekanisme terbentuknya gas metana

Gas metana merupakan tipikal GRK yang diemisi pada sektor pertanian termasuk peternakan, terutama dari ternak ruminansia, yakni sebagai hasil kerja bakteri metanogenik dalam rumen. Gas metana mempunyai pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan gas CO₂ terhadap pemanasan global, karena daya menangkap panas gas metana adalah 25 x CO₂ (VLAMING, 2008). Hal ini dapat dijelaskan dengan berbagai mekanisme, antara lain berdasarkan interaksi IR dengan suatu molekul (PETERS *et al.*, 1974) bahwa absorpsi IR oleh CH₄ menimbulkan vibrasi *stretching* C-H dengan intensitas kuat pada bilangan gelombang sekitar 2850 – 3000 cm⁻¹, sedangkan absorpsi IR oleh CO₂ menimbulkan vibrasi *stretching* C = O dengan intensitas kuat terjadi pada bilangan gelombang yang lebih rendah (1650 – 1850 cm⁻¹); sehingga dengan demikian CH₄ menyerap tingkat energi yang lebih tinggi daripada yang diserap CO₂, dan begitupun sebaliknya pada saat reemisi energi terserap dalam masing-masing gas tersebut, maka nilai energi yang direemisi oleh gas metana lebih tinggi daripada yang di reemisi oleh gas CO₂. Pada CH₄, selain terjadi vibrasi *stretching* C-H juga diikuti oleh vibrasi *bending* C-H dengan intensitas sedang sampai kuat pada bilangan gelombang 1350 – 1480 cm⁻¹.

Pada ternak ruminansia (sapi, kerbau, domba dan kambing), senyawa-senyawa organik bahan pakan difermentasi oleh mikroba rumen menghasilkan asam-asam lemak mudah terbang (*volatile fatty acids*), karbon dioksida (CO₂), hidrogen (H₂) dan massa mikroba.

Melalui proses metanogenesis oleh bakteri metanogenik, CO₂ direduksi dengan H₂ membentuk CH₄, yang keluar melalui eruktasi (sekitar 83%), pernapasan (sekitar 16%) dan anus (sekitar 1%) (MURRAY *et al.*, 1976 *dalam* VLAMING, 2008). Senyawa-senyawa kimia lainnya yang dapat dijadikan substrat oleh bakteri metanogen membentuk metana secara anaerobik seperti tercantum pada Tabel 4.

Perubahan ke arah peningkatan level GRK secara tajam termasuk gas metana disebabkan oleh kegiatan

manusia yang kurang memperhatikan keseimbangan lingkungan, antara lain dari gas buang proses industri, kendaraan bermotor maupun pembakaran massa organik dalam pembukaan ataupun kebakaran hutan.

Tabel 4. Substrat yang dapat digunakan oleh bakteri metanogen secara anaerobik

Substrat	Persamaan
H ₂ dan CO ₂	4 H ₂ + CO ₂ → CH ₄ + 2 H ₂ O
Formiat	4 HCO ₂ H → CH ₄ + 3 CO ₂ + 2 H ₂ O
Metanol	4 CH ₃ OH → 3 CH ₄ + CO ₂ + 2 H ₂ O
Metanol dan H ₂	CH ₃ OH + H ₂ → CH ₄ + H ₂ O
Metilamin	4 CH ₃ NH ₂ Cl + 2 H ₂ O → 3 CH ₄ + CO ₂ + 4 NH ₄ Cl
Dimetilamin	2 (CH ₃) ₂ NHCl + 2 H ₂ O → 3 CH ₄ + CO ₂ + 2 NH ₄ Cl
Trimetilamin	4 (CH ₃) ₃ NHCl + 6 H ₂ O → 9 CH ₄ + 3 CO ₂ + 4 NH ₄ Cl
Asetat	CH ₃ CO ₂ H → CH ₄ + CO ₂

Sumber: WOLIN dan MILLER (1988)

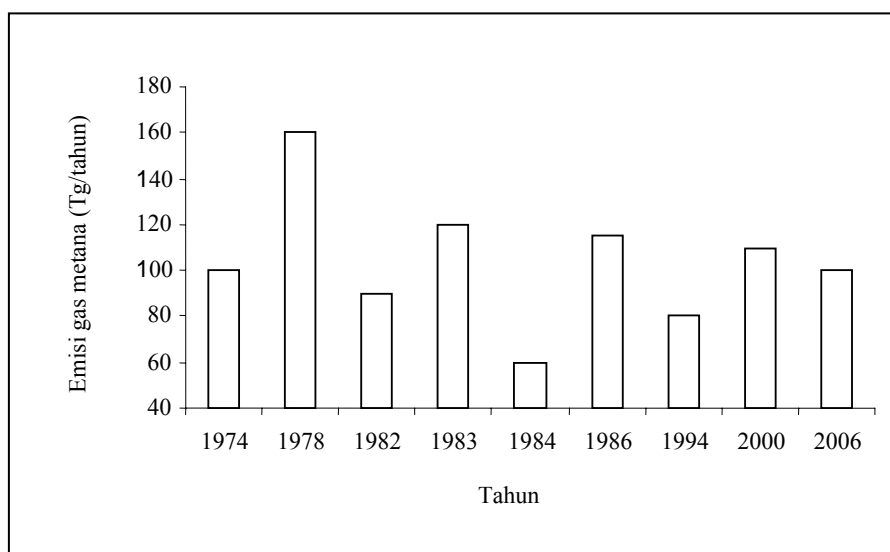
Emisi gas metana

Hasil perhitungan emisi gas metana total dari seluruh dunia dilaporkan oleh JOHNSON dan WARD (1996) bervariasi dengan rata-rata sekitar 80 Tg per tahun, sedangkan emisi metana tahun 2000 dan 2006 adalah angka perkiraan ekstrapolasi (Gambar 1). Dari berbagai spesies ternak, sapi dapat menghasilkan sekitar 45,5 kg/ekor/tahun, sedangkan domba menghasilkan sekitar 5 kg/ekor/tahun (Tabel 5).

Tabel 5. Tingkat emisi gas metana dari proses pencernaan dan penanganan kotoran ternak

Ternak	Proses pencernaan (kg/ekor/tahun)	Manajemen kotoran (kg/ekor/tahun)
Sapi potong	47	1,00
Sapi perah	61	31,00
Kerbau	55	2,00
Kambing	5	0,22
Domba	5	0,20
Babi	1	7,00
Kuda	18	2,19
Ayam buras	–	0,02
Ayam ras petelur	–	0,02
Ayam ras pedaging	–	0,02
Itik	–	0,02

Sumber: IPCC (2006)



Gambar 1. Emisi gas metana dunia

Berdasarkan jumlah populasi ternak dan estimasi produksi gas metana per ekor per tahun, maka pada tahun 2009 diperkirakan dihasilkan gas metana sebanyak 849 Gg. Untuk Indonesia, perkiraan emisi gas metana dari ternak ruminansia adalah 98% dari total 849 Gg per tahun, sedangkan 2% berasal dari babi dan kuda.

Pengaruh bahan pakan terhadap emisi gas metana

Energi di dalam pakan yang dimakan ternak ruminansia sekitar 2 – 15% tidak dapat dimanfaatkan dan dikeluarkan kembali dalam bentuk gas metana. Meskipun demikian, persentase produksi gas metana bervariasi tergantung pada berbagai faktor, antara lain jenis dan tipe ternak, kandungan bahan organik dalam pakan, kandungan komponen serat di dalam pakan, nilai degradabilitas komponen serat tersebut oleh mikrobial rumen dan kondisi lingkungan rumen.

Produksi gas metana dari seekor sapi dapat mencapai 49,80 kg/ekor/tahun, dengan dasar perhitungan bahwa energi gas metana yang terbentuk adalah 8% dari energi yang dikonsumsi ternak. Seekor ternak mengkonsumsi bahan kering pakan sekitar 3% dari bobot hidup. Untuk seekor sapi dengan bobot 300 kg akan mengkonsumsi bahan kering pakan sekitar 9 kg per hari. Kandungan energi bruto pakan yang dikonsumsi adalah 10,46 MJ/kg sehingga total energi bruto yang dikonsumsi adalah 94,14 MJ/hari. Dari energi bruto tersebut akan terbentuk gas metana sebanyak 8% atau setara dengan 7,53 MJ yang sama dengan 2749 MJ per tahun. Apabila 1 gram gas metana

mengandung energi 0,0552 MJ maka akan terbentuk sekitar 49,80 kg gas metana per ekor per tahun.

Meskipun demikian, laporan lain menunjukkan bahwa produksi gas metana dapat bervariasi dari 3,3% sampai dengan 5,5% saja dari konsumsi energi bruto pada jenis/bangsa ternak yang berbeda (RAPETTI *et al.*, 2001). Penelitian ini dilakukan pada ternak kambing perah Saanen selama periode laktasi. Produksi gas metana ternyata cenderung lebih tinggi pada ternak yang mendapatkan pakan dengan kandungan serat yang lebih tinggi pula.

Variasi produksi gas metana dapat terjadi antar jenis, bangsa, tipe maupun individu ternak. Suhu lingkungan juga menyebabkan produksi gas metana yang berbeda, dimana suhu rendah cenderung menyebabkan produksi gas metana yang lebih tinggi. Jenis pakan yang dikonsumsi ternak, terutama kandungan bahan organik dan serat juga mempengaruhi besarnya produksi gas metana.

Sehubungan dengan hal tersebut, perlu dievaluasi emisi gas metana dan upaya mitigasi gas metana dari ternak untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat dengan mempelajari faktor serta koefisien produksi gas metana dari berbagai faktor yang mempengaruhinya.

Untuk mendapatkan gambaran tentang faktor-faktor yang mempengaruhi emisi gas metana enterik pada ternak ruminansia digunakan kajian terhadap referensi yang berkaitan dengan pemanfaatan energi pakan dan partisipasinya di dalam alat pencernaan. Berdasarkan berbagai variasi produksi gas metana yang dapat ditelusuri dari publikasi hasil penelitian (2 – 15%), maka rata-rata produksi gas metana diasumsikan

pada tingkat 8% dari energi bruto yang dikonsumsi ternak.

Evaluasi produksi metana telah dilakukan berdasarkan data 140 pengukuran terhadap komposisi pakan, konsumsi pakan, dan produksi metana pada sapi perah laktasi dari 7 penelitian balans energi dengan menggunakan kamar kalorimeter (YATES *et al.*, 2001). Dinyatakan bahwa produksi gas metana meningkat apabila pakan yang diberikan mempunyai proporsi dengan silase yang semakin tinggi, dibandingkan dengan hijauan segar di dalam pakannya. Produksi metana sekitar 5,3% dari konsumsi energi pada perlakuan kontrol, sedangkan pada perlakuan pakan *non-forage* bervariasi dari 3,3 sampai 5,5%. Ada kecenderungan produksi metana lebih tinggi apabila pakan yang diberikan mengandung hijauan lebih banyak dibandingkan dengan konsentrat (RAPETTI *et al.*, 2001).

Dalam kaitan ini dapat digunakan faktor konversi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 1 \text{ g CH}_4 &= 0,0552 \text{ MJ} \\ 1 \text{ kal} &= 4,184 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Sementara itu, konversi CH₄ ke dalam satuan produksi CO₂ dapat digunakan konstanta 21 (g/g), sedangkan N₂O mempunyai konstanta 310 (g/g) (IPCC, 2006).

Produksi gas metana pada domba bervariasi antar individu sebagaimana ditunjukkan oleh hasil pengamatan PINARES-PATINO *et al.* (2001). Rata-rata produksi gas metana pada domba adalah 18,7 g/hari dengan tingkat konsumsi bahan organik pakan sekitar 1,03 kg/ekor/hari. Rata-rata bobot badan domba Romney jantan yang digunakan adalah 46,9 ± 4,8 kg dengan pakan *hay lucerne* yang mempunyai kandungan protein kasar 189 g/kg bahan kering. Emisi gas metana (% GEI) merupakan fungsi dari laju alir fraksi partikel, konsumsi bahan organik dan proporsi molar asam butirat (PINARES-PATINO *et al.*, 2001).

Pengaruh suplementasi pada pakan

Suplementasi pakan aditif dapat mempengaruhi proses pencernaan pakan di dalam rumen. Penambahan sumber karbohidrat yang mudah terhidrolisis pada tempat yang berbeda, yaitu di rumen dan abomasum menyebabkan produksi gas metana yang berbeda (MC LEOD *et al.*, 2001). Infusi pada rumen menyebabkan metana lebih tinggi daripada infusi yang dilakukan pada *post rumen* (abomasum). Produksi gas metana pada sapi dengan bobot badan rata-rata 247 ± 6 kg adalah 110 kJ/kg *metabolic body size* (MBS) apabila suplementasi pati yang mudah terhidrolisis diberikan pada rumen, dibandingkan dengan suplementasi pada abomasum (94 kJ/kg MBS).

Suplementasi asam lemak rantai panjang cenderung menyebabkan produksi metana yang lebih tinggi pada sapi perah (DOHME *et al.*, 2001). Suplementasi asam lemak jenuh C18 mengakibatkan produksi gas metana sebesar 21 MJ/hari lebih tinggi dibandingkan dengan suplementasi asam lemak jenuh C12 yaitu 17 MJ/hari.

Pemberian tanin dapat menurunkan produksi gas metana pada kambing. Hal ini menggambarkan bahwa mitigasi gas metana dapat dilakukan melalui pemberian pakan yang tepat (PUCHALA *et al.*, 2005).

Studi mengenai efektivitas beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai imbuhan pakan untuk menurunkan produksi gas metana enterik juga telah dilakukan di Balai Penelitian Ternak secara *in vitro* maupun *in vivo*. Bahan hasil ekstraksi buah lerak (*Sapindus rarak*) dengan pelarut metanol yang diberi nama sebagai *Aksapon SR* dengan kandungan saponin sekitar 15% dapat menurunkan produksi gas metana enterik sebesar 31% sementara bahan buah lerak giling (tanpa diekstrak) menurunkan produksi gas metana enterik 21%. Bersamaan dengan studi *in vitro* bahan buah lerak, juga dilaporkan efektivitas beberapa senyawa-senyawa lain yang dapat menurunkan produksi gas metana enterik secara signifikan yaitu ion ferri (Fe³⁺) dengan kemampuan menurunkan produksi gas metana enterik 22%, ion SO₄²⁻ = 10% dan asam lemak berantai panjang tidak jenuh = 11% (THALIB, 2004).

Isolasi bakteri dari cairan rumen ternak ruminansia dengan menggunakan media aseton pengguna karbon monoksida (CO) dan media aseton pengguna CO₂ dan H₂ diperoleh beberapa isolat (THALIB *et al.*, 2004) yang dapat menurunkan produksi gas metana enterik sebesar 11 – 27%.

Isolat bakteri asetonik dari rumen rusa yang telah teridentifikasi (*A. noterae* dan *A. woodii*) dilaporkan (THALIB, 2008) dapat menurunkan produksi gas metana enterik sebesar 11,6% (sediaan *A. noterae*, *in vitro*) dan 9,4% (sediaan *A. woodii*, *in vitro*) dan daya inhibisi metanogenesis kedua sediaan meningkat bila dikombinasikan dengan defaunator (*Aksapon SR* dan defaunator lainnya) yaitu berturut-turut menjadi 28,8 dan 20,6%.

Hasil studi *in vivo* pada domba memperlihatkan bahwa sediaan kultur *A. noterae* dengan dan tanpa defaunator dapat menurunkan emisi gas metana enterik pada domba berturut-turut sebesar 20 dan 15% (THALIB dan WIDIAWATI, 2008).

Pengaruh bangsa ternak

Bangsa ternak ruminansia mempunyai perbedaan dalam efektivitas pencernaan pakan yang dipengaruhi oleh perbedaan komposisi dan populasi mikroba di

dalam rumen. Ternak sapi, kerbau, domba dan kambing meskipun secara umum mempunyai sistem pencernaan yang sama namun ada perbedaan pada masing-masing ternak tersebut.

Pada sapi, bangsa sapi yang berbeda menunjukkan perbedaan dalam efektivitas pencernaan pakan. Sapi Simmental menunjukkan perbedaan dengan sapi Angus. Kerbau relatif mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dalam mencerna pakan berserat dibandingkan dengan sapi (BATISTA *et al.*, 1982) sehingga diduga produksi gas metana akan lebih tinggi pula dibandingkan pada sapi.

Ternak domba dan kambing mengkonsumsi bahan organik pakan lebih sedikit dibandingkan dengan ternak sapi dan kerbau sehingga peluang menghasilkan gas metana juga lebih sedikit. Apabila asumsi produksi gas metana adalah 10% (dapat bervariasi dari 2 – 15%) dari energi yang dikonsumsi, maka seekor domba atau kambing (bobot badan sekitar 30 kg) akan menghasilkan gas metana sebanyak 300 kkal per hari atau sekitar 1255 kJ per hari.

Energi metana yang dihasilkan lebih rendah pada sapi Angus dibandingkan dengan Simmental (8,4%) sebagaimana ditunjukkan oleh hasil pengamatan ESTERMANN *et al.* (2001). Kemungkinan perbedaan ini berkaitan dengan konsumsi serat dan bahan kering yang lebih rendah. Produksi gas metana mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$\text{Metana (l/hari)} = 64,6 + 59,4 \text{ konsumsi NDF} \\ (R^2 = 0,81)$$

dimana:

NDF = *neutral detergent fibre*

Pengamatan ESTERMANN *et al.* (2001) mendapatkan rata-rata *heat increment* (HI) sebesar 137 dan 123 MJ/hari. Retensi energi 4,1 dan 21,7 MJ/hari berturut-turut untuk sapi Simmental dan Angus. Metana yang dihasilkan berdasarkan produk (pertambahan bobot badan) adalah 20,4 dan 17,2 MJ/kg produk. Kecernaan energi (DE) adalah 59,2 dan 62,8% sedangkan *metabolism energy* (ME) adalah 47,4 dan 51,3%.

Pengaruh suhu lingkungan

Suhu lingkungan yang rendah cenderung menyebabkan produksi gas metana yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lingkungan yang tinggi (Tabel 6). Hal ini juga berkaitan dengan nilai kecernaan bahan kering pakan. Pada suhu lingkungan yang rendah (5°C), kecernaan bahan kering pakan relatif lebih rendah sehingga ada kemungkinan juga berkaitan dengan kecepatan degradasi partikel pakan yang lebih tinggi, dibandingkan pada suhu lingkungan 24°C (MOSS *et al.*, 2001).

Tabel 6. Pengaruh suhu lingkungan terhadap produksi gas metana pada domba

Parameter	Suhu rendah	Suhu tinggi
	(5°C)	(24°C)
Suhu lingkungan (°C)	4,9	21,8
Konsumsi BK (g/hari)	1212	1212
Metana (l/hari)	39,59	37,55
Metana (l/kg konsumsi BK)	32,89	31,00
Kecernaan BK (%)	69,4	70,1
Kecernaan BO (%)	70,9	71,3
Degradasi BK <i>in situ</i> 24 jam (g/kg)	693	679
Efisiensi produksi metana (l/kg) BK terdegradasi	47,53	45,60
Rata-rata suhu rumen (°C)	39,2	39,1

BK = bahan kering; BO = bahan organik

Sumber: MOSS *et al.* (2001)

Pengaruh umur ternak

Ternak ruminansia yang belum disapih dari induknya, masih mempunyai sistem pencernaan seperti pada hewan monogastrik karena sistem alat pencernaan belum berkembang ke arah ruminansia. Oleh karena itu, produksi metana enterik dari ternak ruminansia yang belum disapih dapat dianggap tidak ada.

Umur ternak juga berkorelasi dengan bobot badan ternak. Sampai batas tertentu, semakin tua umur ternak semakin bertambah bobot badannya. Apabila produksi gas metana berkorelasi signifikan dengan bobot badan ternak maka emisi gas metana dapat diprediksi berdasarkan bobot badan ternak. Sebagaimana ditunjukkan di atas, produksi gas metana sekitar 110 kJ/kg MBS per hari. Dengan demikian pedet (anak sapi) lepas sapih dengan bobot badan 100 kg mempunyai *metabolic body size* 31,62 sehingga akan menghasilkan gas metana sekitar 31,62 kali 110 kJ per hari, yaitu 3478 kJ per hari.

Pengaruh status fisiologis

Sapi induk yang sedang bunting pada umumnya mengkonsumsi pakan dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan sapi laktasi atau sapi dara.

Sapi laktasi menghasilkan gas metana yang semakin rendah dengan semakin meningkatnya umur laktasi. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan konsumsi pakan yang semakin menurun karena induk sapi dalam kondisi bunting (HATTAN *et al.*, 2001). Penurunan produksi gas metana pada induk sapi bunting tidak cukup signifikan dari umur kebuntingan 1 minggu hingga 30 minggu. Ada kecenderungan

produksi gas metana lebih tinggi pada umur kebuntingan 12 – 18 minggu, kemudian menurun setelah umur tersebut. Dengan bobot hidup sekitar 700 kg, konsumsi bahan kering pakan dan produksi gas metana setiap hari digambarkan dalam grafik berikut (Gambar 2).

Estimasi koefisien emisi berdasarkan faktor penyebab

Untuk mendapatkan estimasi koefisien emisi gas metana dari ternak, seharusnya mengikutsertakan semua faktor yang berpeluang menyebabkan emisi gas metana tersebut. Variasi perkiraan emisi gas metana cukup besar meskipun pada faktor yang sama. Dengan menggunakan data yang dapat dikumpulkan maka dapat dibuat berbagai persamaan regresi untuk memperkirakan emisi gas metana berdasarkan peubah independen (tergantung berapa banyak peubah yang akan digunakan dalam mengestimasi emisi gas metana). Menggunakan *stepwise procedure* dari GLM (SAS, 2006) diharapkan dapat membantu memperoleh koefisien untuk masing-masing faktor penyebab emisi gas metana tersebut. Dengan demikian akan dapat diperkirakan berapa besar emisi gas metana yang berasal dari bidang peternakan secara nasional dengan memperhatikan populasi ternak, komposisi ternak

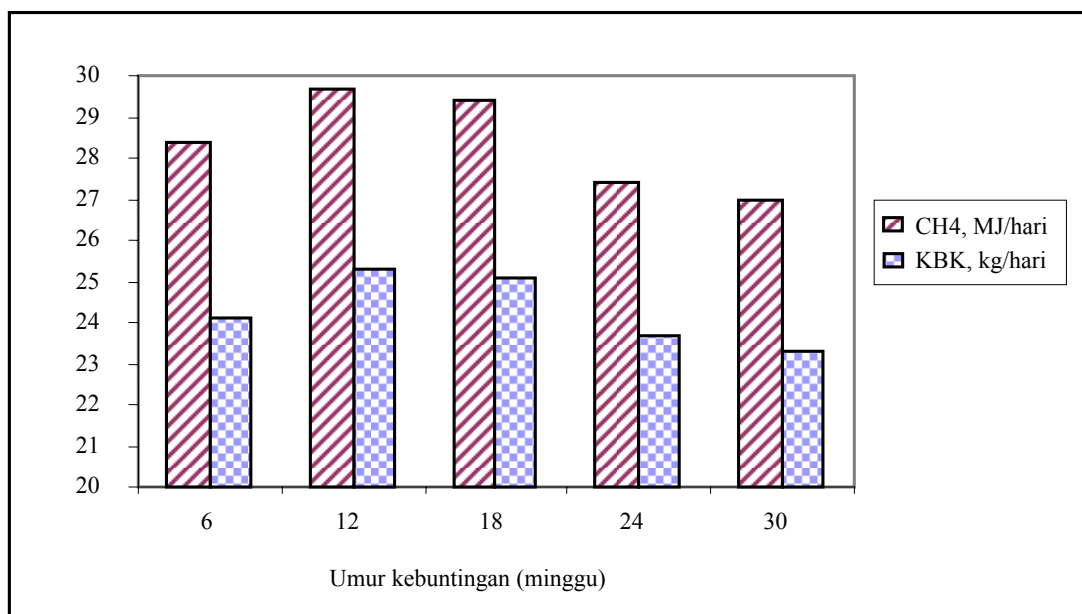
berdasarkan umur dan status fisiologis, jenis pakan yang diberikan, suhu lingkungan serta suplementasi pakan yang diberikan.

Perkiraan emisi gas metana enterik (pencernaan) dapat didasarkan pada konsumsi bahan organik dan nilai kecernaannya. Disamping itu, status fisiologis ternak (umur dan tahap fisiologis) akan mempengaruhi konsumsi dan tingkat kecernaan bahan organik. Oleh karena itu, untuk memperkirakan emisi gas metana dari ternak ruminansia di Indonesia, setidaknya harus memperhatikan populasi ternak dengan klasifikasi berdasarkan umur (bobot badan) dan status fisiologis (ternak betina dara, bunting, laktasi), jenis pakan yang dikonsumsi (kandungan bahan organik) dan nilai kecernaan bahan organik tersebut.

Model matematis umum yang dapat dicobakan untuk memperkirakan produksi gas metana adalah sebagai berikut:

$$Y = \text{Konstanta} + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + E$$

- dimana:
- Y = produksi gas metana
- $x_1 \dots x_n$ = faktor yang mempengaruhi emisi gas metana
- $b_1 \dots b_n$ = koefisien regresi
- E = galat



Gambar 2. Produksi gas metana pada sapi bunting (HATTAN *et al.*, 2001)

KESIMPULAN

Dengan mengetahui perkiraan produksi gas metana dari ternak ruminansia yang berasal dari proses pencernaan terhadap bahan organik pakan dapat disimpulkan bahwa faktor kualitas pakan, jenis dan status fisiologis ternak, serta lingkungan perlu mendapatkan perhatian agar dapat menurunkan emisi gas metana. Pemilihan bahan pakan yang tepat serta cara pemberian yang sesuai dengan kemampuan ternak mencernanya merupakan strategi mitigasi gas metana yang dapat dilakukan. Pengelolaan mekanisme pembentukan gas metana oleh bakteri metanogenik adalah kunci dalam pengaturan produksi gas metana, apakah harus mitigasi atau akselerasi sesuai dengan pemanfaatan gas metana tersebut. Pemberian imbuhan pakan untuk menurunkan emisi gas metana enterik dapat dilakukan melalui penggunaan ekstrak buah lerak, asam-asam lemak berantai panjang tidak jenuh, ion ferri dan ion sulfat maupun penggunaan sediaan bakteri asetogenik.

Diharapkan dengan pemahaman yang semakin mendalam tentang proses produksi gas metana oleh ternak ruminansia maka emisi global gas metana dapat diminimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- BATISTA, H.A.M., K.M. AUTREY and I.M.E.V. VON TIESENHAUSEN. 1982. Comparative *in vitro* digestibility of forages by Buffalo, Zebu, and Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 65: 746 – 748.
- DOHME, F., F. SUTTER, A. MACHMULLER and M. KREUZER. 2001. Methane formation and energy metabolism of lactating cows receiving individual medium-chain fatty acids. *In: Energy Metabolism in Animals*. EAAP publication No. 103. Snekkersten, Denmark. pp. 369 – 372.
- DOURMAD, J.Y., C. RIGOLOT and H.V.D WERF. 2008. Emission of greenhouse gas, developing management and animal farming system to assist mitigation. *Proc. Livestock and Global Climate Change*. Hammamet Tunisia. Cambridge Univ. Press. pp. 36 – 39.
- ESTERMANN, B.L., P.O. SCHLEGEL, D. ERDIN, F. SUTTER and M. KREUZER. 2001. Energy turnover and methane release of Angus and Simmental suckler cows with calves of 1 to 10 months of age. *In: Energy Metabolism in Animals*. EAAP publication No. 103. Snekkersten, Denmark. pp. 137 – 140.
- HATTAN, A.J., D.E. BEEVER, S.B. CAMMELL and J.D. SUTTON. 2001. Energy metabolism in high yielding dairy cows during early lactation. *In: Energy Metabolism in Animals*. EAAP publication No. 103. Snekkersten, Denmark. pp. 325 – 328.
- IPCC. 2006. Emission from Livestock and Manure Management. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10. pp. 72 – 82.
- JOHNSON, D.E. and G.M. WARD. 1996. Estimates of Animal Methane Emissions. *Environ. Monit. Assess.* 42: 133 – 141.
- MC LEOD, K.R., R.L. BALDWIN, VI, D.L. HARMON, C.J. RICHARDS and W.V. RUMPLER. 2001. Influence of ruminal and post-ruminal starch infusion on energy balance in growing steers. *In: Energy Metabolism in Animals*. EAAP publication No. 103. Snekkersten, Denmark. pp. 385 – 388.
- MOE. 2009. Technical Report: National Greenhouse Gas Inventory for the Second National Communication. Ministry of Environment and United Nation Development Program, Jakarta.
- MOSS, A.R., D.I. GIVENS and P. MURRAY. 2001. Effect of environmental conditions on methane production by ruminants. *In: Energy Metabolism in Animals*. EAAP publication No. 103. Snekkersten, Denmark. pp. 173 – 176.
- PETERS, D.G, J.M. HAYES and G.M. HIEFTJE. 1974. Chemical Separations and Measurements. W.B. Saunders Co., Philadelphia.
- PIDWIRNY, M. 2007. The Greenhouse Effect. Fundamentals of Physical Geography. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7th.html>. (4 Desember 2007).
- PINARES-PATINO, C., M.J. ULYATT, C.W. HOLMES, T.N. BARRY and K.R. LASSEY. 2001. Some rumen digestion characteristics and methane emission in sheep. *In: Energy Metabolism in Animals*. EAAP publication No. 103. Snekkersten, Denmark. pp. 117 – 120.
- PUCHALA, R., B.R. MIN, A.L. GOETSCH and T. SAHLU. 2005. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *J. Anim. Sci.* 83: 182 – 186.
- RAPETTI, L., L. BAVA, G.M. CROVETTO and A. SANDRUCCI. 2001. Energy utilization of a non-forage diet throughout lactation in dairy goats. *In: Energy Metabolism in Animals*. EAAP publication No. 103. Snekkersten, Denmark. pp. 349 – 352.
- SAS. 2006. Statistical Analysis System. Cary, North Carolina, USA.
- THALIB, A. 2004. Uji efektivitas saponin buah *Sapindus rarak* sebagai inhibitor metanogenesis secara *in vitro* pada sistem pencernaan rumen. *JITV* 9(3): 164 – 171.
- THALIB, A., Y. WIDIAWATI dan H. HAMID. 2004. Uji efektivitas isolat bakteri hasil isolasi mikroba rumen dengan media asetogen sebagai inhibitor metanogenesis. *JITV* 9(4): 233 – 238.
- THALIB, A. 2008. Isolasi dan identifikasi bakteri asetogenik dari rumen rusa dan potensinya sebagai inhibitor metanogenesis. *JITV* 13(3): 197 – 206.

- THALIB, A dan Y. WIDIAWATI. 2008. Efek pemberian bakteri *Acetoanaerobium noterae* terhadap performans dan produksi gas metana pada ternak domba. *JITV* 13(4): 273 – 278.
- YATES, C.M., J. MILLS, J. FRANCE, S.B. CAMMELL and D.E. BEEVER. 2001. Development of strategies to provide cost effective means of reducing methane emissions from dairy cows. *In: Energy Metabolism in Animals*. EAAP publication No. 103. Snækkersten, Denmark. pp. 201 – 204.
- WALSER, M. L. 2008. Greenhouse gas emissions: Perspective on the top 20 emitters and developed versus developing nations. *In: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment*. CUTLER, J.C. (Ed.). *Encyclopedia of Earth*.
- WOLIN, M.J. and T.L. MILLER. 1988. Microbe-microbe interactions. *In: The Rumen Microbial Ecosystem*. HOBSON, P.N. (Ed.). Elsevier Applied Science. London. pp. 343 – 359.
- VLAMING, J.B. 2008. Quantifying Variation in Estimated Methane Emission from Ruminants Using the SF₆ Tracer Fechnique. A Thesis of Doctor of Phylosophy in Animal Science. Massey University, Palmerston North, New Zealand.