ESTIMASI EMISI GAS METANA DARI FERMENTASI ENTERIK TERNAK RUMINANSIA DI INDONESIA

Estimate of Methane Emissions from Enteric Fermentation By Ruminant Animals in Indonesia

Muhamad Nasir Rofig

Teknologi Agroindustri dan Bioteknologi (TAB) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Gedung 626 Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15314 Email: nasir.rofiq@bppt.go.id

Diterima: 5 Mei 2014; Diperiksa: 12 Mei 2014; Revisi: 6 Juni 2014; Disetujui: 19 Juni 2014

Abstract

Ruminant animals in Animal husbandry, including cattle, goat, sheep and buffalo have a special digestive system that possible to emit methane outside to the atmosphere by their eructation. The aim of this research was to estimate methane (CH₄) emission or production from ruminant animal in Indonesia using Tier-1 Method (IPCC). Estimation of emission of CH₄ from enteric fermentation showed a positive correlation among ruminant population and the emission. Indonesia has ruminant animal population growth 5.55%/year with 5.35% CH₄ emission growth from enteric fermentation. The total emission of CH₄ was 1.066,63 Gg CH₄/year or 22,40 Gg CO₂ equivalent/year in 2013. It was lower than total emission from livestock in the word. As a conclusion, estimation of emission CH₄ from ruminant enteric fermentation in Indonesia should be developed by other method that was supported by certainty data about sex and age population of ruminant and comprehensive of digestion ruminant experiment.

Keywords: emission, methane, ruminant and enteric fermentation

Abstrak

Ternak ruminansia seperti sapi, kambing, domba dan kerbau mempunyai sistem pencernaan khusus yang memungkinkan melepas gas metana (CH₄) keluar ke atmosfer melalui proses eruktasi. Tujuan dari penelitian ini adalah menduga total emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia di Indonesia melalui metode Tier-1 (IPCC). Hasil perhitungan estimasi emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia menunjukkan bahwa adanya hubungan positif antara populasi dengan nilai estimasi emisinya. Indonesia mempunyai tingkat pertumbuhan ternak ruminansia sebesar 5.55% per tahun dengan nilai estimasi emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik sebesar 5.35%. Nilai total estimasi emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia adalah sebesar 1.066,63 Gg CH₄/tahun atau 22,40 Gg CO₂ ekuivalen/tahun pada tahun 2013. Nilai emisi tersebut sangat jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan total emisi gas CH₄ dari sektor peternakan di seluruh dunia. Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah estimasi emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia di Indonesia perlu dikembangkan melalui pendekatan metode estimasi lainnya (Tier-2 atau Tier-3) yang memerlukan dukungan data yang lengkap mengenai karakteristik ternak dan koefisien cerna energi ternak ruminansia dengan pakan yang berbeda di Indonesia.

Kata kunci: emisi, metana, ruminansia dan fermentasi enterik

1. PENDAHULUAN

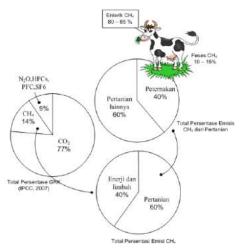
Sesuai dengan protokol Montreal, gas rumah kaca (GRK) yang terpenting dalam atmosfir adalah CO₂, CH₄ dan N₂O disamping CCF, HFC, dan PFC. Lembaga internasional "Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)" melalui climate change 2007 synthesis report menduga bahwa kontribusi sektor pertanian pada emisi GRK di atmosfir sebesar 13.5% [13], tetapi emisi gas CH₄

dan N₂O bertambah secara global dalam kisaran 17% dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2005 [29]. Kontribusi global sektor peternakan terhadap GRK secara langsung sebesar 8,5 dan secara tidak langsung sebesar 16,5 Gt CO₂ per tahun, yang dihitung berdasarkan estimasi global emisi GRK dari pertanian sebesar 17% sampai dengan 32% dari total emisi GRK dari aktivitas manusia (emisi antropogenik) [4]. Menurut laporan "Fourth"

assessment report (AR4)" dalam IPCC (2006) dijelaskan bahwa gas metana (CH₄) memiliki potensi untuk pemanasan global (global warming potential/GWP) sebesar 25 kali emisi gas CO₂ ekuivalen, sedangkan gas N₂O memiliki gas GWP 298 CO₂ ekuivalen [14]. Tujuan dan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai estimasi emisi gas metana dari fermentasi enterik ternak ruminansia menggunakan metode Tier-1 [14].

1.1 Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Sektor Pertanian

Emisi GRK dari sektor pertanian utamanya terdiri dari gas CH₄ dan N₂O yang bersumber dari hewan dan eksretanya (manur), ladang pertanian (eksreta hewan ruminansia yang di gembalakan serta pupuk kimia) dan dari kandang yang menggunakan jerami atau litter sebagai alas kandang (bedding) [14]. Pada tahun 2005, estimasi fermentasi enterik hewan ruminansia yang menghasilkan gas CH₄ sekitar 32% dari total emisi Non CO2 yang bersumber dari sektor pertanian [28]. Total emisi gas CH₄ yang berasal dari sektor pertanian sebesar 60% dengan 40 % berasal dari sektor peternakan. Gas metana CH₄ dari sektor peternakan umumnya bersumber dari hewan ruminansia melalui fermentasi enterik sebesar 80 - 89.5% dan manur sebesar 10% [13].



Gambar 1. Emisi gas Metana (CH₄) dari sektor pertanian dan peternakan (modifikasi dari [15])

Sektor peternakan secara rinci berkontribusi pada emisi GRK lebih besar pada emisi gas CH₄ sebesar 44%, kemudian gas N₂O 29% dan gas CO₂ 27% [13]. Fermentasi enterik dari ternak ruminansia merupakan sumber emisi kedua terbesar sekitar 40% dari total emisi GRK dari sektor peternakan.

1.2 Emisi Gas Metana (CH₄) dari Fermentasi Enterik Ternak Ruminansia

Emisi gas rumah kaca dari sektor peternakan yaitu emisi gas CH₄ yang bersumber dari fermentasi enterik ternak ruminansia dan gas N₂O yang bersumber dari manajemen manur (kotoran ternak). Emisi CO₂ dari sektor peternakan tidak dapat di estimasi karena asumsi tahunan dari

emisi CO₂ dari sektor peternakan dianggap tidak ada (zero) karena fotosintesis tanaman [14].

Ternak ruminansia termasuk sapi, kerbau, domba dan kambing memiliki sistem cerna yang khusus melalui empat macam kompartisi bagian perut (Rumen, retikulum, omasum dan abomasum). Oleh karena itu sistem cerna pada ternak ruminansia terdiri dari kecernaan fisik, enzimatis, mikrob dan kimia. Semua tipe kecernaan tersebut banyak terjadi di dalam bagian perut besar ruminansia yaitu rumen yang mengandung beranekaragam mikroorganisme. Ekosistem rumen merupakan ekosistem anaerob sehingga oksidasi atau metabolisme bahan pakan seperti karbohidrat dan protein untuk menghasilkan energi dilakukan melalui dehidrogenasi [21]).

Konversi nutrisi bahan pakan menjadi gas metana (CH₄) dalam rumen melibatkan integrasi beberapa aktifitas spesies mikroorganisme yang berakhir pada aktifitas bakteri metanaogenesis. Mikroorganisme utama dalam rumen melakukan hidrolisis protein, karbohidrat, dan polimer dinding sel tanaman menjadi asam asam amino dan gula yang lebih sederhana. Produk tersebut akan difermentasi menjadi asam lemak mudah terbang (volatile fatty acid (VFA)), hydrogen (H₂) sebagai produk sekunder dari sistem cerna mikroorganisme dalam rumen. Komponen utama VFA vaitu asam asetat, propionat dan butirat vang terbentuk akan digunakan dan diserap oleh ternak ruminansia sebagai sumber energi untuk produktivitasnya. Produk sekunder lainnya yaitu dihidrogen H₂ dihasilkan dari organisme melalui jalur fermentasi asam asetat [11].

 $C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \ 2C_2H_4O_2 (asetat) + 2CO_2 + 8H \ C_6H_{12}O_6 + 4H \ 2C_3H_6O_2 (propionat) + 2H_2O \ C_6H_{12}O_6 \ C_4H_8O_2 (butirat) + 2CO_2 + 4H \ Co_2 + 8H \ CH_4 + 2H_2O$

Laju produksi gas CH₄ dari fermentasi enterik pada ternak ruminansia sangat tergantung kepada jumlah konsumsi pakan serta jumlah energi yang dikonsumsinya [15]. Tiga faktor utama dalam pembentukan gas CH4 dari fermentasi enterik ruminansia adalah : 1) laju fermentasi bahan organik dari pakan yang dikonsumsinya; 2) tipe VFA yang dihasilkan menunjukkan tingkat kelebihan sisa H2 yang dihasilkan untuk dirubah menjadi gas CH₄ oleh bakteri metanaogenesis [23]. Oleh karena itu, emisi gas CH₄ yang dihasilkan dari fermentasi ternak ruminansia juga berpengaruh terhadap hilangnya produktifitas sebagai energi yang hilang disamping pengaruhnya terhadap sumbangan emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor pertanian.

Hagemann et al. [10] melaporkan bahwa kontribusi total ternak perah terhadap emisi GRK masih belum pasti terhitung secara tepat sehubungan dengan pendekatan metode estimasi emisi tersebut pada setiap level fisiologis hewan ruminansia. Estimasi lain yang dihasilkan dari beberapa analisis silang terhadap 117 tipe

kandang dan peternakan dari 38 negara memiliki hasil estimasi rataan emisi GRK sebesar 1,50 kg CO₂ equivalents (CO₂-eq.)/kg susu yang dihasilkan.

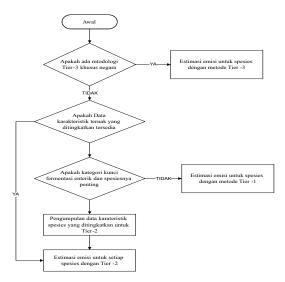
2. BAHAN DAN METODE

2.1 Pemilihan Metode Estimasi Emisi Gas CH₄ dari Fermentasi Enterik Ternak Ruminansia.

Metode estimasi CH₄ dari peternakan dilakukan menggunakan beberapa metode estimasi yang disarankan oleh IPCC (2006) mengenai *guidelines for national greenhouse gas inventories*. Metode tersebut membutuhkan definisi dan kategori/ subkategori jenis ternak, data populasi, konsumsi pakan dan karakteristiknya mengunakan metode Tier yang berjenjang (Tier-1, Tier-2 dan Tier-3). Prosedur estimasinya mendefinisikan subkategori ternak, perkembangan data populasi dan karakteristik pakan.

Langkah awal untuk melakukan kategori dan subkategori sebagai berikut:

- Identifikasi spesies ternak yang ada khususnya ruminansia
- Kaji ulang metode estimasi emisi untuk setiap kategori yang relevan untuk memilih metode yang tepat (Tier-1, Tier-2 atau Tier-3)



Gambar 2. Diagram pohon keputusan untuk memilih metode estimasi emisi gas CH4 dari fermentasi enterik ternak ruminansia (Modifikasi dari [14])

Tier-1 adalah metode estimasi emisi Gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia dengan membagi kelompok populasi ternak kedalam subkelompok.

2.2 Metode Estimasi Tier-1 Emisi Gas CH₄ dari Fermentasi Enterik Ternak Ruminansia.

Metode estimasi Tier-1 untuk emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

• Perhitungan populasi ternak:

Estimasi perhitungan emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia menggunakan data populasi dari statistik peternakan dan kesehatan hewan tahun 2013 (Dirjen Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2013). Data pertambahan populasi ternak ruminansia menggunakan konversi satuan unit ternak (ST).

· Penggunaan faktor emisi:

Penggunaan faktor emisi didasarkan pada karakteristik ternak pada negara berkembang dengan data baku yang sudah ditetapkan oleh IPCC (2006) pada Annex 10A.1 Guidelines for national greenhouse gas inventories (Tabel 1).

Tabel 1. Faktor emisi CH₄ dari sistem cerna dan kotoran ternak [14]

Jenis Ternak	Faktor emisi Faktor emi pencernaan kotoran tern	
	Kg CH₄/ek/thn	Kg CH₄/ek/thn
Sapi Potong	47	1,00
Sapi Perah	61	31,00
Domba	5	0,15
Kambing	5	0.,70
Kerbau	55	2,00
Kuda	18	1,64
Unggas	0	0.03
Babi	1	7,00

Faktor emisi pencernaan dari ternak ruminansia adalah faktor emisi CH_4 yang dihasilkan dari fermentasi enterik ternak ruminansia. Perhitungan total emisi gas CH_4 per kategori ternak ruminansia.

Total emisi dilakukan melalui perhitungan menggunakan formulasi di bawah ini :

Emission =
$$EF_{(T)} x [N_{(T)} / 10^6]$$
(1)

Emission = emisi CH₄ dari fermentasi enterik, (Gg CH₄/tahun)

 $\mathsf{EF}_{\scriptscriptstyle{(T)}}$ = faktor emisi kategori ternak (Tabel 1)

T = jenis ternak ruminansia

Total
$$CH_{4Enterik} = \sum_{i} Ei$$
(2)

E_i = emisi untuk setiap jenis ternak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Estimasi Emisi Gas CH₄ dari Sektor Peternakan di Indonesia

Hasil perhitungan estimasi emisi gas CH₄ menggunakan pendekatan metode Tier-1 [14] menunjukkan bahwa emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia di Indonesia mempunyai kontribusi yang besar dari ternak sapi potong 780,53 Gg/thn atau sebesar 73,18% dari seluruh total kontribusi emisi CH₄ enterik dari ternak ruminansia di Indonesia pada tahun 2013

(Tabel 3 dan Gambar 3). Hal ini sejalan dengan peningkatan populasi ternak sapi potong di Indonesia dalam rangka percepatan swasembada daging nasional (Tabel 2). Sementara kontribusi terkecil dari jenis ternak sapi perah 38,80 Gg/thn atau 3,64% dari total kontribusi emisi gas CH₄ ternak ruminansia di Indonesia (Tabel 3 dan gambar 3) yang berhubungan dengan populasinya yang rendah dan tidak menyebar pada suluruh wilayah Indonesia karena kondisi lingkungan dan geografi.

Tabel 2. Populasi ternak ruminansia di Indonesia pada tahun 2013

Jenis ternak	Populasi Ruminansia		
Jeilis terriak	ribu ekor	ribu ST	
Sapi Potong	16,607.00	16,607.00	
Sapi Perah	636	890.4	
Kerbau	1,484.00	1,484.00	
Kambing	18,576.00	1,857.60	
Domba	14,560.00	1,456.00	
TOTAL	51,863.00	22,295.00	

Keterangan: ST = satuan ternak

Kontribusi Emisi gas metana dari Fermentasi Enterik ternak ruminansia di Indonesia pada tahun



Gambar 3. Kontribusi jenis ternak ruminansia terhadap emisi gas CH₄ fermentasi enterik di Indonesia tahun 2013 metode Tier-1

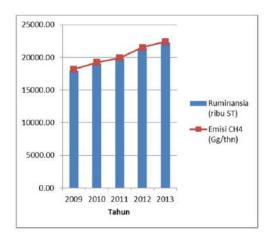
Tabel 3. Emisi Gas CH₄ dari Fermentasi Enterik Ternak Ruminansia di Indonesia tahun 2013

	Emisi Gas CH ₄ Fermentasi Enterik		
Jenis ternak	Gg CH₄/thn	Gg CO ₂ -	%
		eq/thn	Kontribusi
Sapi Potong	780,53	16.391,11	73,18
Sapi Perah	38,80	814,72	3,64
Kerbau	81,62	1.714,02	7,65
Kambing	92,88	1.950,48	8,71
Domba	72,80	1.528,80	6,83
TOTAL	1.066,63	22.399,13	100

Jumlah total emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia sebesar 1,07 Gg CH₄/tahun atau sebesar 22.40 Gg CO₂-eq/th. Nilai konversi emisi menjadi CO₂ ekuivalen (CO₂-eq) menunjukkan bahwa satuan emisi gas rumah kaca distandarkan dalam satuan CO₂ dengan nilai global warming potential yang berbeda diantara gas rumah kaca. Nilai GWP emisi gas CH₄ adalah

sebesar 21 kali emisi dari emisi CO₂. Total nilai emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia di Indonesia pada tahun 2013 tersebut sangat jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai emisi gas CH₄ dari sektor peternakan dunia yaitu sebesar 0,72% dari total emisi CH₄dari sektor peternakan dunia pada tahun 2005 (3.1 Gt CO₂-eq/tahun).

Perkembangan populasi yang secara linear meningkatakan produksi gas CH4 dari ternak ruminansia sudah seharusnya mulai dilakukan mitigasi untuk pengurangan emisi tersebut. Pertambahan populasi ternak ruminansia (satuan ternak) selama lima tahun (2008 sampai dengan 2013) sebesar 5.55%/tahun menyebabkan pertambahan emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia sebesar 5.35%/tahun. Usaha mitigasi yang dilakukan menggunakan prinsip efisiensi penggunaan energi pakan untuk dikonversi menjadi produk ternak (daging dan susu). Sehingga tetap memenuhi faktor ekonomi usaha dalam budidaya ternak ruminansia yang berwawasan lingkungan. Mitigasi atau pengurangan emisi gas CH, dari kotoran ternak ruminansia dapat dilakukan dengan mudah dengan memanfaatkanya sebagai biogas. Tetapi mitigasi emisi gas CH4 dari fermentasi enterik ternak ruminansia sulit dilakukan karena terlepas melalui pernafasan ternak saat melakukan eruktasi (bersendawa).



Gambar 4. Grafik pertambahan populasi ternak ruminansia (ribu satuan ternak/ST) dan emisi gas CH_4 dari fermentasi enterik ternak ruminansia di Indonesia selama 5 tahun (Gg/thn).

Secara langsung emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia dipengaruhi oleh konsumsi pakan terutama konsumsi bahan kering pakan dengan kandungan serat kasar yang tinggi.

Berdasarkan jumlah populasi ternak ruminansia di Indonesia, maka total emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia mempunyai nilai yang besar di Propinsi Jawa Timur, Jawa Barat, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, NTB dan NTT (> 1000 Gg CO₂ ekuivalen/tahun). Sedangkan estimasi emisi gas CH₄ terkecil pada Propinsi DKI Jakarta sebesar 5,74 Gg CO₂

ekuivalen/tahun dengan populasi ternak ruminansia)

3.2 Peluang dan Strategi Mitigasi Gas CH₄ dari Sektor Peternakan di Indonesia

Sejak diketahuinya hubungan yang erat antara efisiensi konversi pakan dengan produksi rumen gas metana [32], maka dilakukan beberapa penelitian untuk mengurangi atau mitigasi emisi gas CH₄ dari produksi fermentasi enterik ternak ruminansia melalui manipulasi pakan untuk meningkatkan efisiensi konversi tersebut. Usaha mitigasi lainya juga sudah dikembangkan melalui beberapa strategi mitigasi yang dihasilkan dari beberapa hasil penelitian terhadap ternak ruminansia secara in vitro ataupun in vivo. Beberapa strategi mitigasi tersebut terangkum dalam diagram gambar 5 [16]. Strategi mitigasi yang banyak dilakukan saat ini melalui beberapa hasil penelitian untuk meningkatkankan efisiensi penggunaan nutrisi dan energi pakan serta modifikasi rumen untuk mengurangi pemanfaatan gas H₂ menjadi CH₄ dalam rumen. Sedangkan strategi mitigasi masa depan terhadap pengurangan emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik dikembangkan pada level penelitian ternak ruminansia sebagai obyek melalui rekayasa genetik, seleksi ternak dan penelitian pada level mikroorganisme rumen melalui teknik biomolekuler serta penelitian pada level tanaman sebagai sumber pakan ternak. Penelitian pada level nutrisi atau manipulasi pakan dianggap sebagai strategi mitigasi yang sangat efisien.

Strategi mitigasi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak pada tingkat mikroba telah diidentifikasi oleh Joblin [17] meliputi interfensi untuk mengurangi gas H₂ yang dihasilkan dari metabolisme nutrisi pakan, pengembangan alternatif penggunaan kelebihan gas H₂, pemberian anti metanaogen serta penghilangan atau pengurangan protozoa dalam rumen. Strategi modifikasi rumen dilakukan melalui suplementasi minyak esensial dari tanaman dan senyawa aktif sekunder tanaman yang sudah dikaji oleh peneliti [27].

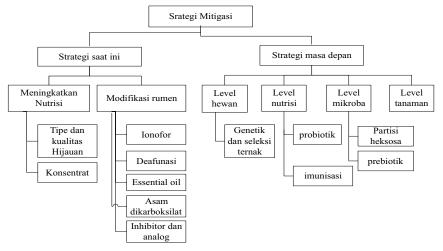
Kombinasi antara manajemen pakan dan peternakan merupakan opsi strategi terbaik yang dapat diimplementasikan untuk mengurangi emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia tanpa mengurangi produktifitasnya [9].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kalkulasi estimasi produksi gas CH₄ melalui metode Tier-1 [14], kontribusi gas CH₄ dari sektor peternakan di Indonesia masih sangat kecil tetapi perlu dilakukan metode estimasi melalui metode yang lebih akurat dari beberapa hasil penelitian di Indonesia. Dasar teori metode Tier-1 menggunakan faktor emisi CH4 hasil penelitian yang dilakukan di luar kondisi fisiologis ternak dan jenis pakan yang dikonsumi oleh ternak di Indonesia. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mendapatkan faktor emisi CH4 yang menggunakan ternak lokal yang ada di Indonesia dengan jenis pakan yang umum dikonsumsi di Indonesia. Manajamen budidaya dan manipulasi pakan dapat dilakukan sebagai strategi mitigasi CH, dari fermentasi enterik ternak ruminansia di Indonesia sebagai strategi yang paling tepat berdasarkan kondisi sistem budidaya peternakan yang ada di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Fourth Assessment Report (AR4). 2007., Working Group 1, Chapter 2, Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, Table 2.14, page 212,
- 2. Beauchemin, K.A. dan McGINN, S.M., 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. Journal of Animal Science 83: 653–661.
- 3. Beauchemin, K.A., Kreuzer, M., O'MARA, F. dan McALISTER, T.A., 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture 48: 21–27.
- 4. Bellabary J, Foereid B, Hastings A, Smith P. 2008. Cool Farming. Climate impacts of



Gambar 5. Strategi mitigasi gas CH, dari fermentasi enterik ternak ruminansia (Modifikasi dari [16])

- agriculture and mitigation potential. Green peace International, Amsterdam.
- Brouwer, E. 1965. In *Energy Metabolism* p. 441 [K. L. Blaxter, editor]. London: Academic Press.
- Calsamiglia, S., M. Busquet, P. W. Cardozo, L. Castillejos, and Ferret. 2007. Essentials Oils for modifying rumen fermentation: A review, J. Dairy Sci. 90:2580-2595.
- 7. FAO. 2006. Livestock long shadow : environmentan issues and options. The livestock environemnatal and development-LEAD.
- 8. FAO. 2013Tackling cimate change through livestock: A Global assessment of emission and Mitigation Opportunities. Roma, Italy.
- Grainger C. dan K.A. Beauchemin. 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production?. Animal Feed Science and Technology 166– 167 (2011) 308–320.
- Hagemann, M., A. Ndambi, T.Hemme, U. Latacz-Lohmann. 2012. Contribution of milk production to global greenhouse gas emissions: An estimation sbased on typical farms. Environ Sci Pollut Res (2012) 19:390–402.
- 11. Hegarty, R. S. 1999. Mechanism for competitively reducing rumnal methano-genesis. Aus.J. of Agric.Res. 50:1299-1305.
- 12. Immig, I., 1996. The rumen and hindgut as source of ruminant methanogenesis. Environmental Monitoring and Assessment 42: 57–72.
- 13. IPCC 2001. In: Houghton, J.T. et al. (Eds.), Climate Change 2001: The Scientific Background, vol. 94. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- 14. IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html
- 15. IPCC. 2007. Climate Change 2007: Syntesis Report. A report of the intergovernmental panel on climate change. UNEP and WMO.
- Iqbal M.F., Y. Cheng, W. Zhu, and B. Zeshan. 2008. Mitigation of ruminant methane production: current strategies, constraints and future options. World J. Microbiol. Biotechnol. 24:2747 – 2755.
- 17. Joblin KN. 1996. Options for reducing methane emissions from ruminants in New Zealand and Australia. In: Bouma WJ, Pearman GI, Manning MR eds.). Greenhouse: Coping with climate change, CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, pp. 437-449.
- Jouany, J.P. and Martin, C., 2003. Enteric methane (and CO₂) emissions by ruminants. CarboEurope–GHG Agricultural Greenhouse Gas Budget (SS2) and Grasslands Greenhouse Gas Budget (SS3), 4–5 September 2003, Clermont–Ferrand, France.
- 19. Makkar, H. P. S. and P. E. Vercoe (eds.).2007 Measuring Methane production Ruminants, 15

- -31. IAEA.
- Martin, C., J. Rouel, J. P. Jouany, M. Doreau and Y. Chilliard. 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *JANIM SCI* 2008, 86:2642-2650.
- 21. Martin, C., Morgavi, D.P., Doreau, M., 2010. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. Animal 4, 351–365.
- 22. McAllister, T.A. and Newbold, C.J., 2008. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. Aust. J. of Experimental Agriculture 48:7–13.
- Monteny, G., A. Bannink, D. Chadwick. 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. Agric. Eco. And ev. 112 (2-3); 163-70.
- 24. Newbold, C.J. and Rode, L.M., 2006. Dietary additives to control methanogenesis in the rumen. Elsevier International Congress Series 1293: 138–147.
- 25. Ohene-adjei S., A.V. Chaves, T. A. McAllister, C. Benchaar, R. M. Teather and R. J. Forster. 2008. Evidence of increased diversity of methanogenic archaea with plant extract supplementation. J. Micro. Ecol. 56:234-242.
- 26. Ramin, M. and P. Huhtanen. 2013. Development of equation for predictiong methane emission from ruminants. J. Dairy Sci. 96:1-18
- 27. Rofiq, M. N., M. Gorgulu. 2014. Combination Effect of Clove and Orange Peel Oils on In Vitro and In Vivo Rumen Methane Production in Goat. The 16th Asian Autsralian Animal Production Congress (AAAP) 10-14 Nov 2014. p. 1331-1334. ISBN: 978-602-8475-87-7
- 28. Smith, P., Andre'n, O., Karlsson, T., Pera"la", P., Regina, K., Rounsevell, M., van Wesemael, B., 2005. Carbon sequestration potential in European croplands has been overestimated. Global Change Biol. 11, 2153–2163.
- Smith P., D. Martino, Z. Cai c, D. Gwaryd, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl g, S.tephen Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. SChneider, S. Towprayoon. 2007. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agri. Ecosyst. Environ. 118, 6–28
- 30. Smith P., et al. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. Phil. Trans. R. Soc. B. 363, 789–813
- 31. Steinfeld, H., Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C., 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations, p.82-114.
- 32. Waghorn, G.C. and R.S. Hegarty. 2011. Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency