

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Rumah Kaca (GRK)

Gas rumah kaca adalah sejumlah gas yang dapat menimbulkan efek rumah kaca, yaitu terperangkapnya panas di dalam system pertanian yang menggunakan rumah kaca. Jenis gas yang digolongkan sebagai gas rumah kaca yaitu karbon dioksida (CO_2), dinitrogen oksida (N_2O), metana (CH_4), sulfur Heksafloorida (SF_6), perflorokarbon (PFC), dan hidrofluorokarbon (HFC). Sebagian radiasi sinar matahari dalam bentuk gelombang pendek yang diterima permukaan bumi dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi inframerah). Radiasi gelombang panjang yang dipancarkan ini oleh gas rumah kaca yang ada pada lapisan atmosfer bawah, dekat dengan permukaan bumi akan diserap dan menimbulkan efek panas yang dikenal sebagai efek rumah kaca (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Gas rumah kaca adalah sejumlah gas yang menimbulkan efek pemanasan global di atmosfer bumi. Baik itu gas alami maupun dari kegiatan manusia (antropogenik) yang dapat menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Sumber emisi gas rumah kaca dikelompokkan menjadi enam kategori oleh IPCC yang diantaranya adalah sektor energi, proses industri, penggunaan zat pelarut dan produk-produk lainnya, pertanian, tata guna lahan dan kehutanan, dan limbah (IPCC, 2006). Jenis-jenis gas rumah kaca dan nilai potensi pemanasan global dapat dilihat di Tabel 3

2.2 Dampak Gas Rumah Kaca

Secara alamiah cahaya matahari (radiasi gelombang pendek) yang menyentuh permukaan bumi akan berubah menjadi panas dan menghangatkan bumi. Sebagian dari panas ini akan dipantulkan kembali oleh permukaan bumi ke angkasa luar sebagai radiasi infra merah gelombang panjang. Sebagian panas sinar matahari yang dipantulkan itu akan diserap oleh gas-gas yang terdapat di atmosfer yang menyelimuti bumi. Peristiwa ini dikenal dengan “Efek Rumah Kaca” karena

peristiwa yang sama terjadi pada rumah kaca, dimana panas yang masuk akan terperangkap di dalamnya, tidak dapat menembus ke luar kaca, sehingga dapat menghangatkan seisi rumah kaca tersebut (Samiaji, 2009). Efek yang ditimbulkan oleh molekul-molekul gas rumah kaca dilapisan troposfir dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global. Pemanasan global yang terjadi dapat menyebabkan mencairnya es dari kutub utara meupun kutub selatan. Dengan demikian akan terjadi peningkatan volume air laut yang berdampak pada meningkatnya permukaan air laut tersebut

Tabel 3 Jenis-jenis Gas Rumah Kaca dan Nilai Potensi Pemanasan Global

Gas Rumah Kaca	Rumus Kimia	Nilai Potensi Pemanasan Global
Karbon dioksida	CO ₂	1
Metana	CH ₄	23
Dinitrogen oksida	N ₂ O	296

Sumber : IPCC 2006

Peningkatan efek gas rumah kaca berdampak pada perubahan iklim yang sangat ekstrem di bumi. Hal ini dapat mengakibatkan dampak nyata seperti terganggunya ekosistem, sehingga mengurangi kemampuannya untuk menyerap karbon dioksida di atmosfer dan mencairnya gunung-gunung es di daerah kutub utara yang dapat menimbulkan naiknya permukaan air laut. Pertambahan gas rumah kaca di atmosfer secara terus menerus akan menimbulkan pemanasan global. Pemanasan global adalah kejadian meningkatnya suhu rata-rata di atmosfer, laut dan daratan bumi. Pemanasan global yang terjadi dapat menyebabkan perubahan iklim yang sangat ekstrim sehingga membuat pola musim semakin sulit diperkirakan. Dampak yang dapat dirasakan seperti longsor, kekeringan panjang, panas ekstrim pada saat turunnya kelembapan pada suatu kawasan tertentu, dan banjir akibat dari peningkatan intensitas curah hujan (Samiaji, 2009).

2.3 Pedoman IPCC untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca

IPCC adalah internasional terkemuka untuk penilaian perubahan iklim yang tersusun dari 195 anggota negara yang ada di dunia, serta ribuan ilmuwan pakar internasional yang secara sukarela menganalisis perubahan iklim di bumi dan menyarankan tindakan penanggulangan. IPCC merupakan pedoman yang digunakan untuk menyusun inventarisasi gas rumah kaca. Selain itu juga dilengkapi dengan dua pedoman lainnya yaitu IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories yang diterima IPCC tahun 2000 dan *the Good Practice Guidance on Land Use, Land-Use Change and Forestry* (GPG for LULUCF) yang diterima IPCC tahun 2003 (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). IPCC (2006) menyediakan metodologi untuk estimasi perhitungan emisi gas rumah kaca, terdiri dari lima jilid. Jilid pertama menggambarkan langkah dasar dalam perkembangan inventaris dan petunjuk umum mengenai emisi gas rumah kaca berdasarkan pengalaman dari tahun 1980. Jilid dua sampai lima merupakan petunjuk untuk pendugaan dari berbagai sektor ekonomi. Terdapat 3 metode pendugaan emisi gas rumah kaca yaitu metode Tier-1, Metode Tier-2, Metode Tier-3 (IPCC, 2006). Aktivitas utama dari IPCC ialah mempublikasikan laporan khusus tentang topik-topik yang relevan dengan implementasi UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Tujuan dari IPCC adalah untuk menilai informasi ilmiah yang relevan dengan perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia, dampak perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia, serta pilihan untuk adaptasi dan mitigasi. Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam hal penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara atau pabrik tersebut. Sumber emisi sektor pada inventarisasi GRK menggunakan Tier-1 yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi default IPCC (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Secara umum, penggunaan Tier yang lebih tinggi meningkatkan akurasi dan mengurangi ketidak-pastian, tetapi kompleksitas dan sumber daya yang diperlukan untuk melakukan inventarisasi juga meningkat untuk Tier yang lebih

tinggi. Jika diperlukan, kombinasi dari Tier dapat digunakan, misalnya Tier-2 dapat digunakan untuk biomassa dan Tier-1 untuk karbon tanah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

2.4 Emisi Gas Rumah Kaca dari Sektor Peternakan

Gas Rumah Kaca yang perlu mendapat perhatian pada sektor peternakan adalah karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dan nitro oksida (N_2O). CO_2 sebagian besar dilepaskan dari proses pembusukan oleh mikroba, dan dari bahan organik tanah. Metana (CH_4) dihasilkan apabila dekomposisi bahan organik terjadi pada kondisi kekurangan oksigen (anaerob), terutama pada proses fermentasi pencernaan ruminansia, kotoran ternak, dan lahan sawah. N_2O dihasilkan dari transformasi mikroba pada tanah dan kotoran ternak dan meningkat apabila ketersediaan nitrogen melebihi kebutuhan tanaman, terutama pada kondisi basah. N_2O memiliki nilai potensi pemanasan global paling tinggi yaitu 298 kali potensi CO_2 . Jadi meskipun jumlah N_2O yang teremisikan ke atmosfer lebih kecil daripada CO_2 , namun karena potensi pemanasan globalnya yang lebih besar maka akan menyebabkan efek pemanasan global yang lebih tinggi daripada CO_2 atau CH_4 . (Lintanggrino, 2016)

Inventarisasi GRK menggunakan Tier-1 yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi default IPCC (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). Secara umum, penggunaan Tier yang lebih tinggi meningkatkan akurasi dan mengurangi ketidakpastian, tetapi kompleksitas dan sumber daya yang diperlukan untuk melakukan inventarisasi juga meningkat untuk Tier yang lebih tinggi. Jika diperlukan, kombinasi dari Tier dapat digunakan, misalnya Tier-2 dapat digunakan untuk biomassa dan Tier-1 untuk karbon tanah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Emisi GRK dari sektor peternakan dihitung dari emisi metana yang berasal dari fermentasi enterik ternak, dan emisi metana dan dinitro oksida yang dihasilkan dari pengelolaan kotoran ternak. Emisi CO_2 dari peternakan tidak diperhitungkan CO_2 diasumsikan nol karena CO_2 diserap oleh tanaman melalui fotosintesis dikembalikan ke atmosfer sebagai CO_2 melalui respirasi. Gas N_2O

dihasilkan dari transformasi mikroba pada tanah dan kotoran ternak, sehingga meningkat apabila ketersediaan nitrogen melebihi kebutuhan tanaman, terutama pada kondisi basah (IPCC, 2006),

2.5 Ternak Ruminansia

Ternak ruminansia adalah ternak atau hewan yang memiliki empat buah lambung salah satunya rumen, lambung terdepan tempat penampungan makanan yang baru ditelan dari mulut. Proses pencernaan ruminansia dibagi menjadi tiga tahap, yaitu pencernaan secara mekanis (di dalam mulut), fermentatif (oleh mikroba di dalam rumen) dan kimiawi (oleh enzim-enzim pencernaan di abomasum dan usus). Hewan ruminansia melakukan proses memamah biak atau proses mengembalikan makanan dari rumen ke mulut untuk dikunyah kembali menjadi lebih halus. Makanan yang lebih halus mempunyai luas permukaan yang lebih besar sehingga pencernaan secara kimiawi di omasum dan abomasum menjadi lebih efektif. Contoh hewan ruminansia adalah sapi, kerbau, kambing dan domba. Rumen sebagai tempat penampungan dan pencampuran bahan pakan untuk difermentasi oleh mikroorganisme. Fungsi utama rumen adalah tempat untuk mencerna serat kasar dan zat-zat pakan lainnya dengan bantuan mikroba, sehingga serat tersebut dapat menjadi sumber energy bagi ternak. Rumen adalah bagian yang mempunyai volume sekitar 70 – 75% dari total saluran pencernaan hewan ruminansia. Peranan rumen sangat penting karena 60-90% dari pencernaan total berlangsung di dalam organ tersebut. Dalam rumen, pakan akan mengalami fermentasi oleh aktivitas mikroorganisme (Usman, 2013).

Ternak ruminansia merupakan hewan yang sangat mudah beradaptasi dengan berbagai jenis pakan yang tersedia, karena mempunyai rumen yang bisa memfermentasi semua jenis bahan pakan dengan memanfaatkan mikroba, baik berupa bakteri, protozoa ataupun jamur, yang terdapat di dalamnya. Peran mikroba pada ternak membantu mendegradasi serat yang tak larut menjadi asam lemak rantai pendek (*volatile free fatty acid*) (Firsoni dan Lisanti 2017) yang akan diserap oleh system pencernaan hewan. Kondisi fermentasi pakan secara optimal diperlukan sesuai untuk pertumbuhan mikroba di dalam rumen dan dipengaruhi

oleh jenis pakan yang dikonsumsi oleh ternak. Komposisi kimia dan bentuk fisik dari pakan yang dikonsumsi tersebut akan mempengaruhi retensi dan pencernaan di rumen dan retikulum.

Pakan berserat kasar, yang terdapat pada jaringan tua pada tumbuhan mempunyai pencernaan rendah, mengalami perombakan secara perlahan-lahan di dalam rumen. Digesta dalam rumen akan tinggal lebih lama bila pakan banyak mengandung serat yang berkadar lignoselulosa tinggi dan akan menghasilkan metana lebih banyak. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara pencernaan, konsumsi pakan dan waktu tinggal pakan di dalam rumen. (Yuliana *et al.*, 2019).

2.5.1 Pakan Ternak Ruminansia

Sumber pakan utama ternak ruminansia adalah hijauan, produktivitas ternak ruminansia, baik ternak potong maupun ternak perah akan sangat bergantung pada pakan hijauan yang berkualitas, akan tetapi permasalahan yang sering dihadapi dalam usaha pengembangan ternak ruminansia adalah penyediaan pakan hijauan dengan kualitas yang baik dan ketersediaannya yang tidak berkesinambungan setiap musim. Pakan hijauan alternatif dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan ternak. Limbah hasil pertanian di Indonesia sangat melimpah dan berpotensi sebagai bahan penyusun pakan ruminansia seperti tongkol jagung, kulit kacang, kulit jagung (klobot), jerami dan limbah kedelai. Menurut Naibaho *et al* (2017), hingga saat ini di Indonesia masih belum mampu untuk menyediakan pakan yang baik (kualitas) dalam jumlah cukup (kuantitas) secara berkesinambungan (sustainable). Perbedaan bahan baku pakan yang digunakan oleh peternak sapi perah di beberapa daerah menyebabkan hasil produksi susu menjadi berbeda. Kendala dari segi kualitas pakan, yaitu jenis hijauan bernutrisi tinggi yang tersedia sangat terbatas. Kendala dari segi ketersediaan pakan (sustainability) adalah sebagian bahan pakan yang digunakan peternak itu bersifat musiman sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan pakan ternak setiap waktu. Keterbatasan penyediaan hijauan berkualitas secara berkesinambungan ini dapat diatasi melalui pemanfaatan limbah pertanian yang tersedia semusim seperti jerami padi dengan mengolahnya menjadi hijauan

awetan (hay atau silase) yang dapat dimanfaatkan bila terjadi keterbatasan hijauan pada musim kemarau.

Hasil ikutan industri pertanian berupa ampas tahu, ampas kelapa, bungkil kedelai, dedak dan tetes (*molasses*) juga tersedia dan berpotensi sebagai pembentuk pakan tambahan atau konsentrat. Hijauan merupakan pakan utama ternak yang mengandung serat yang dibutuhkan oleh ternak untuk menjaga fungsi normal saluran pencernaan. Konsentrat adalah pakan yang mengandung nutrisi yang mudah dicerna dan dibutuhkan untuk menaikkan produktifitas. Perbandingan hijauan dan konsentrat umumnya didasarkan pada kebutuhan sapi dan kemampuan peternak untuk menyediakan bahan tersebut.

Hasil penelitian Nur *et al*, 2015 menunjukkan bahwa tinggi rendahnya produksi susu juga dipengaruhi oleh produksi gas metan di dalam rumen. produksi susu akan menurun apabila produksi gas metan meningkat, sebaliknya produksi susu akan meningkat apabila produksi gas metan menurun.

Tabel 4 Komposisi bahan pakan konsentrat

Bahan Pakan	Komposisi %
Dedak	43,0
Bungkil kelapa	20,0
Tepung ikan	20,0
Jagung giling	15,0
Garam	0,5
Mineral	0,5
Molases	1,0

Sumber Nurhayu *et al* (2017)

Kualitas pakan dalam hal ini tingginya kandungan serat kasar pada pakan jerami padi menyebabkan tingginya energi pakan yang hilang sebagai gas metan ditunjukkan dengan tingginya pencernaan serat kasar pakan (Tabel 5) sehingga mengakibatkan berkurangnya energi untuk produksi susu, maka produksi gas metan bertambah, sementara produksi susunya menurun. Thalib dan Widiawati (dalam Nur *et al* 2015) menyatakan bahwa kualitas sumber hijauan yang tersedia

sangat rendah karena tinggi kandungan serat kasar menyebabkan produktivitas sapi perah dalam negeri rendah, sebaliknya emisi gas metana enteriknya tinggi. Peningkatan produksi susu karena lebih banyak energi yang dikonsumsi oleh ternak akan menyebabkan emisi gas metan berkurang. Apabila efisiensi pakan hijauan yang dikonsumsi tinggi, maka persentase energi kasar yang membentuk gas metana berkurang, sehingga jumlah gas metana per satuan produksi makin rendah dengan makin tingginya produksi susu.

Menurut Nurhayu *et al.* (2017), jerami padi walaupun melimpah di Indonesia, namun penggunaannya sebagai pakan ternak terkendala pencernaan jerami yang hanya 40-45%, serta kandungan proteinnya hanya 3-5%, di samping palatabilitasnya yang rendah. Rendahnya nutrisi, pencernaan dan palatabilitas selanjutnya berdampak pada bobot badan ternak dan produksi susu, sehingga dalam pemeliharaan sapi perah, peningkatan daya cerna pakan sangat penting.

Untuk meningkatkan pencernaan jerami dapat dilakukan dengan difermentasi lebih dulu menjadi silase, sebelum diberikan kepada ternak. Hasil penelitian jerami jagung yang telah difermentasi kandungan protein kasarnya sebesar 7,82%, Serat kasar sebesar 20,89% dan lemak kasar sebesar 2,44%. Kandungan protein kasar jerami jagung sebelum difermentasi adalah 4,77%; serat kasar 30,53%; dan lemak kasar 1,06%. Menurut Mahr-un-Nisa *et al.* (dalam Hindratiningrum *et al* 2011) karakteristik jerami tinggi kandungan serat yang tidak dapat dicerna karena tingkat lignoselulosa (selulosa yang mengandung lignin) yang tinggi sehingga kecernaannya juga menurun. Pada sel tumbuhan, makin tua sel tumbuhan, semakin banyak kandungan ligninnya. Orden (dalam Hindratiningrum *et al* 2011) menyatakan selain kandungan lignin yang tinggi, jerami juga memiliki kandungan nitrogen yang rendah. Peningkatan kualitas jerami padi dapat dilakukan secara kimiawi melalui amoniasi menggunakan urea, atau difermentasi menjadi silase. Keuntungan amoniasi pada jerami padi menggunakan urea antara lain dapat meningkatkan kandungan nitrogen, palatabilitas, konsumsi dan pencernaan pakan.

Tabel 5. Analisa proksimat bahan makanan ternak berdasarkan bahan kering 100%

Kadar Nutrisi (%)	Bahan Pakan (%)				Perlakuan (%)		
	RG	JP	AT	K	A	B	C
Abu	15,12	18,33	1,54	25,15	8,80	10,18	9,49
Protein	10,25	4,80	11,09	7,20	10,50	8,15	9,32
Lemak	2,75	2,04	3,50	5,06	3,27	2,97	3,12
Karbo-hidrat	71,89	74,83	83,87	62,58	77,44	78,71	78,07
Serat Kasar	25,60	27,67	10,56	15,05	17,30	18,19	17,74
BETN	46,29	47,16	73,31	47,53	60,14	60,52	60,33

Keterangan :

BETN = Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen

RG = Rumpuk Gajau

JP = Jerami Padi

AT = Ampas Tahu

K = Konsentrat

A = Pakan Rumpuk Gajau 43% + Konsentrat 6% + Ampas Tahu 51%,

B = Pakan Jerami Padi 43% + Konsentrat 6% + Ampas Tahu 51%,

C = Pakan Rumpuk Gajau 21,5% + Jerami Padi 21,5% + Konsentrat 6% + Ampas Tahu 51%,

Sumber Nur K, *et. al.* (2015)

2.5.2 Fermentasi Enterik

Fermentasi enterik adalah bagian dari proses alami pada pencernaan ruminansia dimana bakteri, protozoa, dan jamur yang terdapat di rumen, melakukan fermentasi dan memecah biomassa tanaman yang dimakan oleh hewan, biomassa dalam rumen diubah menjadi asam lemak volatil, yang menembus dinding rumen dan terbawa sistem sirkulasi darah ke hati. Sebagian besar produksi CH₄ enterik terjadi pada rumen, tempat sebagian besar serat diubah menjadi asam lemak volatil dan metana dikeluarkan melalui eruktasi atau sendawa. Metanogen mengubah serat menjadi metana di dalam rumen yang pHnya antara 6 sampai 7,3 relatif alkali. Di dalam omasum dan abomasum dengan kondisi pH 2 (sangat asam) metanogen tidak dapat hidup, sehingga emisi metana dari dubur hanya sekitar 2 hingga 3 persen dari total emisi CH₄ pada sapi perah (Gerber *et. al.*, 2013). Metana dan CO₂ adalah produk sampingan alami dari fermentasi mikroba pada karbohidrat dan, sedikit asam amino dalam rumen hewan

ternak. Metana diproduksi dalam kondisi anaerobik oleh bakteri prokaryot metanogenik tertentu. Menurut Broucek (2018), 90 % metana dari fermentasi enterik dihasilkan dalam rumen, proses metanogenesis pada ruminansia, terjadi di rumen, tempat pakan pertama kali pakan masuk ke sistem pencernaan. Tanaman berserat kasar yang mengandung selulosa dan hemi-selulosa mengalami fermentasi menjadi asam lemak volatile (*volatile fatty acids*) rantai pendek, karbon dioksida (CO₂), hidrogen, (H₂) dan metana (CH₄) oleh bakteri, protozoa, jamur dan metanogen dengan efisiensi yang tinggi, hal ini khas bagi ternak ruminansia.. Melalui proses metanogenesis oleh bakteri metanogenik, CO₂ direduksi dengan H₂ membentuk CH₄, yang sekitar 83% keluar melalui eruktasi (bersendawa), pernapasan (sekitar 16%) dan anus (sekitar 1%) (Vlaming, 2008 *dalam Haryanto dan Thalib, 2009*). Senyawa-senyawa kimia lainnya yang dapat dijadikan substrat oleh bakteri metanogen membentuk metana secara anaerobik seperti terlihat pada Tabel 6 Produk limbah gas dari fermentasi enterik, berupa karbon dioksida dan metana, sebagian kecil dikeluarkan melalui dubur hewan. Emisi metana di retikulum dan rumen memungkinkan ekosistem rumen membuang hidrogen, yang dapat terakumulasi dan menghambat fermentasi karbohidrat dan degradasi serat. Kecepatan emisi dari fermentasi enterik bervariasi tergantung dari asupan dan kemudahan pakan untuk dicerna (Grossi *et al*, 2019). Nur et al, 2015 menyatakan metana diproduksi di saluran pencernaan ternak, sebesar 80% - 95% diproduksi di dalam rumen dan 5% - 20% dalam usus besar.

Kualitas pakan dan mudahnya dicerna mempengaruhi produksi metana enterik. Kandungan lignin yang tinggi akan mempersulit pencernaan pakan, pakan dari tumbuhan yang lebih muda, lebih mudah untuk dicerna karena lebih tinggi kandungan karbohidrat terlarut. Pencincangan pakan, digiling perlakuan dengan uap akan memudahkan pencernaan, sehingga mengurangi produksi metana. Kemudahan pencernaan pakan akan bertambah bila dilakukan penambahan konsentrat pada pakan. Namun demikian perbandingan pakan dan konsentrat harus diperhitungkan dengan cermat, antara 35 % dan 40 % (Gerber dalam Grossi *et al*, 2019). Hasil penelitian Hapsari *et al* (2018) menunjukkan bahwa ekstrak jahe, yang banyak mengandung saponin, dapat mengurangi produksi metana

dalam rumen. Perbandingan yang lebih besar dapat menambah resiko penyakit metabolisme (*rumen asidosis*). Penambahan lemak atau asam lemak pada pakan ruminant dapat mengurangi produksi metan enterik karena dapat merubah populasi mikroba rumen.

Tabel 6. Reaksi Pembentukan Metana Dalam Rumen

Substrat	Persamaan Reaksi
H ₂ dan CO ₂	$4 \text{ H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
Formiat	$4 \text{ HCO}_2\text{H} \rightarrow \text{CH}_4 + 3 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
Metanol	$4 \text{ CH}_3\text{OH} \rightarrow 3 \text{ CH}_4 + \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
Metanol dan H ₂	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Asetat	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$
Metilamin	$4 \text{ CH}_3\text{NH}_2\text{Cl} + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{ CH}_4 + \text{CO} + 4 \text{ NH}_4\text{Cl}$
Dimetilamin	$2 (\text{CH}_3)_2\text{NHCl} + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{ CH}_4 + \text{CO}_2 + 2 \text{ NH}_4\text{Cl}$
Trimetilamin	$4 (\text{CH}_3)_3\text{NHCl} + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 9 \text{ CH}_4 + 3 \text{ CO}_2 + 4 \text{ NH}_4\text{Cl}$

Sumber Haryanto & Thalib, 2009

Metana dihasilkan oleh *archaea* metanogen yang berada di dalam rumen melalui perombakan unsur CO₂ dan H₂ menjadi CH₄ pada fermentasi enterik atau metanogenesis. (Yogiyanto, 2014). Ternak ruminansia (misalnya; sapi, domba, dan lain-lain) menghasilkan metana lebih tinggi daripada ternak non ruminansia (misalnya; babi, kuda). Selain itu, emisi metana juga dihasilkan dari sistem pengelolaan kotoran ternak disamping gas dinitro oksida (N₂O). Estimasi emisi metana dari peternakan dihitung dengan menggunakan IPCC 2006. Metana (CH₄) yang dilepaskan ke atmosfer oleh ternak ruminansia domestik dianggap sebagai salah satu dari tiga sumber terbesar dalam skala global. Emisi CH₄ dari pertanian mewakili sekitar 40% dari emisi yang dihasilkan oleh aktivitas terkait manusia. Metana adalah kontributor potensial terbesar untuk fenomena pemanasan global. Fermentasi pakan dalam rumen adalah sumber metana terbesar dari fermentasi enterik. Hal ini mempengaruhi produksi asam lemak volatil berbeda yang memiliki efek nyata pada produksi metana dalam rumen. Secara global, ternak ruminansia menghasilkan 80 juta ton CH₄ setiap tahun yang merupakan 33% dari emisi antropogenik CH₄ (Aghsaghli, 2011). Menurut Nkrumah *et al* (dalam Mama & Seid, 2019) jumlah CH₄ yang dihasilkan seekor ternak dipengaruhi oleh faktor

pakan (jenis karbo higrat dalam pakan, jumlah asupan pakan) , jumlah susu yang dihasilkan, kecepatan proses pencernaan, keberadaan ion-ion tertentu (*ionospheres*), derajat ketidak-jenuhan lemak dalam pakan, efisiensi konversi pakan, faktor genetik ternak dan faktor lingkungan seperti suhu. Pengurangan produksi CH₄ dari fermentasi enterik dapat dilakukan dengan mamodifikasi pakan yang diberikan nutrisi yang telah terbukti efektif dalam mitigasi emisi gas metana melalui inhibisi langsung *archea* metanogen. Senyawa metabolit sekunder pakan, termasuk di dalamnya adalah tanin dan saponin merupakan senyawa alami yang berpotensi digunakan sebagai zat aditif pakan dalam mitigasi emisi gas metana asal ternak ruminansia.

Tanin dapat menurunkan emisi gas metana melalui kinerjanya dalam mereduksi populasi metanogen dalam rumen. Sedangkan kinerja saponin adalah melalui reduksi populasi protozoa rumen. Sebagian populasi metanogen hidup bersimbiosis dengan protozoa dan berkontribusi hingga 37% terhadap total emisi gas metana dalam rumen, sehingga reduksi populasi protozoa juga dapat menurunkan emisi gas metana. Jika kedua senyawa tersebut digunakan secara simultan dalam pakan, baik pada pakan dengan proporsi hijauan tinggi maupun pakan dengan proporsi konsentrat tinggi, diharapkan akan menghasilkan efek yang lebih signifikan dalam menurunkan emisi gas metana. (Yogiyanto, 2014)

Metode untuk memperkirakan emisi CH₄ dan N₂O dari peternakan memerlukan informasi subkategori ternak, populasi tahunan, dan untuk Tier lebih tinggi, konsumsi pakan dan karakterisasi ternak. Data aktivitas yang diperlukan untuk Tier 1 adalah populasi ternak dan faktor emisi fermentasi enterik untuk berbagai jenis ternak dapat dilihat pada Tabel 7. Rofiq (2014) menyatakan bahwa strategi mitigasi gas metana dari fermentasi enterik pada tingkat mikroba meliputi interfensi untuk mengurangi gas hidrogen yang dihasilkan pada metabolisme nutrisi pakan, pengembangan alternative penggunaan kelebihan hidrogen, pemberian anti metanogen serta penghilangan atau pengurangan prozoa dalam rumen. Srategi modifikasi rumen dilakukan dengan pemberian minyak esensial tanaman tertentu, seperti minyak kulit jeruk atau cengkeh

2.5.3. Pengelolaan Limbah Peternakan

Limbah peternakan umumnya berupa kotoran/tinja, urin serta sisa pakan yang berbentuk padat maupun cair. Limbah yang berasal dari peternakan tersebut akan bernilai ekonomi tinggi apabila diolah dengan perlakuan yang tepat. Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah peternakan tersebut. Salah satunya pengolahan kotoran menjadi pupuk kandang, cara ini merupakan cara yang paling sederhana yang sering kita jumpai yaitu kotoran ternak dibiarkan hingga kering. Namun dengan cara pengolahan kotoran tersebut belum bisa dikatakan ramah lingkungan, karena kotoran ternak yang diolah dengan cara dikeringkan akan menimbulkan pencemaran dalam bentuk gas atau bau. Bau yang menyengat yang ditimbulkan dari kotoran ternak akan mengganggu pernafasan yang menyebabkan gangguan kesehatan.

Menurut Adityawarman *et al* (2015) meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan menimbulkan pemikiran untuk mengolah kotoran ternak tersebut menjadi suatu produk yang lebih bermanfaat. Permasalahan pengelolaan sampah tersebut dapat diminimalkan dengan menerapkan pengelolaan sampah yang terpadu (Integrated Solid Waste Management/ISWM), diantaranya *waste to energy* atau pengolahan sampah menjadi energy. Kotoran ternak diolah dengan cara yang lebih baik akan bernilai ekonomi tinggi seperti pemanfaatan kotoran tersebut sebagai bahan pembuatan biogas, pupuk organik padat, dan pupuk organik cair. Pengolahan kotoran akan menambah nilai ekonomis dari kotoran ternak tersebut.

Tabel 7. Faktor Emisi Metana dari Fermentasi Enterik

NO.	Jenis ternak	Faktor emisi metana (kg/ekor/tahun)
1	Sapi pedaging	47
2	Sapi perah	61
3	Kerbau	55
4	Domba	5
5	Kambing	5
6	Babi	1
7	Kuda	18

Sumber IPCC, 2006)

Hal ini memiliki potensi untuk mengurangi emisi gas metana dan dinitro oksida (N_2O) selama proses penyimpanan, pengolahan, dan penumpukan/pengendapan. Kotoran yang berbentuk cair jumlahnya lebih sedikit. Faktor utama yang mempengaruhi jumlah emisi adalah jumlah kotoran yang dihasilkan dan bagian kotoran yang didekomposisi secara organik. Emisi ditentukan oleh jenis dan pengelolaan limbah ternak. Kotoran ternak apabila disimpan di tempat terbuka, akan menimbulkan emisi GRK, akan tetapi apabila disimpan dalam biodigester, hal ini selain akan mengurangi emisi GRK terutama gas metana, gas yang dihasilkan juga bisa dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang terbarukan.

Pemilik ternak di Indonesia pada umumnya peternak tradisional yang belum memahami betul tentang bagaimana dampak yang ditimbulkan akibat limbah yang tidak dikelola dengan baik, karena dapat mencemari lingkungan di sekitar peternakan. Dapat dikatakan bila limbah yang dihasilkan tidak ditangani dengan benar akan menimbulkan masalah pada aspek produksi dan lingkungan seperti menurunkan kualitas susu yang dihasilkan, menimbulkan bau, menjadi sumber penyebaran penyakit bagi ternak dan manusia. Ketidaknyamanan dirasakan masyarakat karena letak peternakan yang berdekatan dengan pemukiman, dan juga terjadi pencemaran air permukaan. Limbah yang dihasilkan dari aktivitas ternak sapi mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi berbagai macam produk yang bermanfaat, contoh yang sederhana adalah

memanfaatkan limbah peternakan menjadi pupuk organik (baik padat maupun cair) atau mengolahnya menjadi biogas. Dengan adanya potensi dan ketersediaan bahan baku maka pengelolaan limbah dipandang perlu untuk peningkatan kapasitas produksi dan lingkungan di sekitar kandang sapi.

Limbah padat dapat dijadikan kompos, pengomposan merupakan alternatif pemecahan masalah manajemen sampah. Pembuatan kompos adalah suatu proses biologis dimana bahan organik didegradasi pada kondisi aerobik terkendali. Dekomposisi dan transformasi tersebut dilakukan oleh bakteri, fungi dan mikroorganisme lainnya. Pada kondisi optimum, pengomposan dapat mereduksi volume bahan baku sebesar 50-70 %. Pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber pupuk organik sangat mendukung usaha pertanian terutama untuk tanaman sayuran. Dari sekian banyak kotoran ternak yang terdapat di daerah sentra produksi ternak banyak yang belum dimanfaatkan secara optimal, sebagian di antaranya terbuang begitu saja, sehingga sering merusak lingkungan yang akibatnya akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Kandungan unsur hara pada pupuk kandang dapat dilihat pada Tabel 8. Disamping menghasilkan unsur hara makro, pupuk kandang juga menghasilkan sejumlah unsur hara mikro, seperti Fe, Zn, Bo, Mn, Cu, dan Mo. Jadi dapat dikatakan bahwa, pupuk kandang ini dapat dianggap sebagai pupuk alternatif untuk mempertahankan produksi tanaman.

Jumlah cairan kotoran ternak yang secara berlebihan diaplikasikan ke dalam tanah selama bertahun-tahun membuat "*overload*" kapasitas tanah untuk menyaring dan menahan nutrisi dari kotoran ternak ternak tersebut. Dengan demikian, sejumlah nutrisi merembes ke permukaan tanah atau ke air permukaan, yang tentu saja dapat menimbulkan masalah polusi. Beberapa bahan organik yang berpengaruh terhadap timbulnya kontaminasi tanah tersebut adalah asam fosforus, garam fosfat, dan nitrat. Mikroorganisme patogenik dikeluarkan melalui kotoran ternak dapat menimbulkan masalah, tidak tertutup kemungkinan adanya sejumlah besar patogen terbuang melalui selokan-selokan yang dibuat di sekitar kandang menyebar ke lingkungan luar melalui aliran sungai (Saputro *et al.* 2014).

Tabel. 8 Kandungan unsur hara pada pupuk kandang

Jenis ternak	Unsur hara (kg/ton)		
	N	P	K
Sapi perah	22,0	2,6	13,7
Sapi potong	26,2	4,5	13,0
Domba	50,6	6,7	39,7
Unggas	65,8	13,7	12,8

Sumber Saputro *et al.* 2014 .

Pelepasan air yang tercampur kotoran ternak ternak yang tidak di-*treatment* (diolah) ke air tanah atau permukaan tanah akan menciptakan masalah. Satu jenis mikroorganisme yang sudah sering ditemukan mencemari air sungai adalah salmonella. Bakteri salmonella dapat melipat-ganda 100 ribu kali di dalam air sungai yang mengandung 100 mg bahan organik per liter. Wahyudi (2016) menyebutkan bahwa setiap ekor sapi mampu menghasilkan limbah kotoran sebanyak 25 kg. Dengan digester kapasitas 5 m³ akan dihasilkan energi untuk memasak selama 5-10 jam/hari, pupuk cair 60-80 liter/hari, serta pupuk padat 5 kg/hari. Perbandingan kotoran dan air pun juga bervariasi, yaitu antara 1: 1 sampai 1: 2.

2.6 Good Dairy Farming Practices (GDFP)

Pencapaian keberhasilan peternakan sapi perah, bukan hanya ditinjau dari kuantitas dan kualitas susu saja, menurut badan PBB FAO dan *International Dairy Federation* (IDF) ada 5 aspek yang diperlukan untuk *Good Dairy Farming Practices* (GDFP). Kelima aspek tersebut adalah pembibitan dan reproduksi, manajemen pakan dan air minum, pengelolaan kandang dan peralatan, serta kesehatan ternak (Anggraeni dan Mariana, 2016). Diantara kelima aspek tersebut yang terkait langsung dengan mitigasi GRK adalah manajemen pakan dan pengelolaan kandang. Pada umumnya peternak di Indonesia adalah peternak tradisional dengan populasi ternak yang dimiliki

sedikit, dilihat dari pengetahuan dan keterampilan teknis beternak sapi perah yang masih minim.

Manajemen pakan maksudnya mengupayakan pakan yang memiliki nutrisi dan efisiensi energinya tinggi. Pakan, terutama hijauan ketersediaannya tidak tergantung musim sudah tentu mudah didapat dan ekonomis juga air minum ternak yang selalu tersedia. Sedangkan untuk pengelolaan kandang diupayakan dengan menjaga kebersihan dan kekeringan kandang guna mempertahankan kesehatan ternak. Ukuran dan desain kandang hendaknya memudahkan pergerakan petugas kandang untuk memberi pakan dan membersihkan kandang dan memandikan ternak, masuk sinar matahari dan sirkulasi udara baik. Ada tempat khusus untuk penyimpanan pakan dan juga diupayakan tempat pakan dan minuman ternak agak tinggi (tidak langsung di atas lantai) untuk kebersihan dan kenyamanan ternak. Harus ada tempat penampungan kotoran yang terpisah dari ternak.

2.7 Strategi Mitigasi GRK Sektor Peternakan

Peternakan menyumbang peningkatan GRK ketika bersendawa akibat adanya fermentasi enterik mengemisi gas metana dan pengelolaan kotoran hewan yang kurang memadai, yang mengemisi gas dinitrogen oksida dan juga metana. Untuk mengurangi kedua faktor tersebut perlu diupayakan strategi mitigasi kedua gas tersebut. Menurut Rolph *et al* (2019) untuk mitigasi gas non CO₂ dari sektor peternakan sapi perah dapat dilakukan dengan menerapkan *Beneficial Management Practices, BMP* (Praktek Manajemen Bermanfaat), yang dapat menurunkan emisi gas CH₄ sebesar 43% , gas N₂O 4% dan gas CO₂ 10%, bila dibandingkan dengan peternakan yang tidak menerapkan BMP. Aktifitas yang dilakukan untk BMP adalah dengan efisiensi energy pakan yang tinggi, diet penurunan protein, pengelolaan manur, penggunaan digester anaerobik dan pemisahan manur padat. BMP adsalah pengembangan dari Dairy Coordinated Agricultural Project (Dairy-CAP) atau proyek pertanian terpadu, yang digagas oleh departemen Pertanian Amerika Serikat.

Menurut Rofiq (2014) untuk mitigasi gas metana dilakukan modifikasi terhadap pakan ternak dengan meningkatkan efisiensi energy pakan. Peningkatan efisiensi energy pakan dapat dilakukan dengan memodifikasi tipe dan kualitas pakan hijauan sehingga mudah dicerna, pemberian pakan tambahan seperti konsentrat, atau juga memberi pakan yang mengandung bahan yang menghilangkan atau mengurangi populasi mikroorganisme di dalam rumen, tanpa mengurangi efisiensi pencernaan. Konsentrat adalah pakan yang mengandung nutrisi yang mudah dicerna dan dibutuhkan untuk mempercepat produktifitas. Bahan Pakan yang diberikan pada ternak selain mempengaruhi produksi gas metana dari pencernaan juga akan mempengaruhi kualitas feses yang nantinya akan mempengaruhi produksi gas metana dari kotoran.