

Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Peternakan di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali

Meylinda Senggi Fatikha Sari*, Wisnu Ariya Pangestu, Raihan Eko Cahyono, Elsa Putri Fajarwati, Adibatus Syarafi Rifda Aqila, Andhina Putri Heriyanti, Trida Ridho Fariz

Universitas Negeri Semarang, Kota Semarang

*Email korespondensi: meylindasenggi20@students.unnes.ac.id

ABSTRAK

Perubahan iklim yang semakin mendesak berkaitan langsung dengan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK), terutama dari bidang peternakan. Kabupaten Boyolali, sebagai salah satu sentra peternakan, mengalami penurunan populasi ternak dalam beberapa tahun terakhir akibat adanya Penyakit Mulut dan Kuku (PMK), yang dapat berdampak pada dinamika emisi metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O). Studi ini bertujuan untuk menginventarisasi emisi GRK dari fermentasi enterik (*enteric fermentation*) dan pengelolaan kotoran ternak (*manure management*) di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, dengan menggunakan data populasi ternak tahun 2024 dari Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Boyolali. Perhitungan dilakukan berdasarkan metode Tier-1 dari pedoman *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006*, yang memanfaatkan faktor emisi standar untuk mengestimasi produksi CH_4 dari fermentasi enterik (*enteric fermentation*) dan pengelolaan kotoran ternak (*manure management*), serta emisi N_2O langsung dan tak langsung. Konversi dilakukan dalam bentuk Gg CO_2 -ekuivalen, dengan angka Global Warming Potential (GWP) untuk metana sebesar 23 dan dinitrogen oksida sebesar 298. Hasil perhitungan menginterpretasikan bahwa total emisi GRK dari sektor peternakan di Desa Gedangan mencapai 3,1712 Gg CO_2 -eq/tahun, dengan kontribusi terbesar berasal dari fermentasi enterik sapi perah yang menyumbang 1,6836 Gg CO_2 -e/tahun, sedangkan pengelolaan kotoran ternak (*manure management*) juga menghasilkan CH_4 dan N_2O , terutama dari sapi perah dan ayam buras. Inventarisasi ini menunjukkan bahwa peternakan skala kecil tetap memiliki dampak lingkungan yang signifikan, sehingga diperlukan strategi mitigasi seperti pengolahan kotoran ternak yang tepat, penggunaan probiotik, serta pengomposan limbah unggas untuk mengurangi emisi GRK di tingkat desa.

Kata kunci: Gas Rumah Kaca (GRK), Metana (CH_4), Dinitrogen Oksida (N_2O), Peternakan, *Enteric Fermentation*, *Manure Management*, IPCC, Tier-1, Boyolali, Desa Gedangan.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim adalah masalah global yang semakin mendesak untuk ditangani. Salah satu dampaknya adalah akumulasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer bumi yang semakin meningkat. Gas-gas ini sebenarnya berperan penting dalam menjaga suhu bumi tetap stabil, namun jika jumlahnya berlebihan, justru bisa mempercepat pemanasan global. Tanpa adanya GRK, maka bumi dapat menjadi terlalu dingin sehingga tidak dapat ditempati oleh makhluk hidup. Namun, apabila keberadaan GRK di atmosfer terlalu banyak, maka dapat terjadi pemanasan global (Irma & Gusmira, 2023). Menurut *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), ditemukan enam jenis gas yang merupakan golongan GRK, yaitu: Dinitrogen Oksida (N_2O), Karbon Dioksida (CO_2), Gas Metana (CH_4), Perfluorocarbon (PFCS), Sulfur Heksa Florida (SF_6), dan Hydrofluorocarbon (HFCs). Satu dari sekian penyumbang utama meningkatnya emisi GRK adalah aktivitas di bidang peternakan. Emisi ini berasal dari proses biologis seperti pencernaan hewan (*enteric fermentation*) dan pengelolaan kotoran ternak. Proses-proses ini akan memunculkan gas metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O), yang merupakan dua jenis GRK yang memiliki dampak besar terhadap pemanasan global (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Kabupaten Boyolali merupakan satu dari sekian sentra peternakan utama di Provinsi Jawa Tengah. Dikenal sebagai "Kota Susu", Boyolali memiliki karakteristik yang sangat mendukung untuk pengembangan sektor peternakan. Kecamatan Cepogo merupakan salah satu wilayah dengan banyak aktivitas peternakan. Berdasarkan Publikasi Kabupaten Boyolali Dalam Angka Tahun 2020-2024 yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali, jumlah ternak di Kecamatan Cepogo mengalami penurunan yang sangat tajam dalam beberapa tahun terakhir. Populasi sapi perah mengalami penurunan drastis dari 19.926 ekor pada tahun 2019 menjadi hanya 1.349 ekor pada tahun 2023. Hal serupa terjadi pada sapi potong yang menurun dari 3.281 ekor pada tahun 2019 menjadi 266 ekor pada tahun 2023. Kuda, kambing, dan domba juga menunjukkan tren penurunan yang cukup tajam selama periode tersebut. Sementara itu, populasi unggas seperti itik, ayam petelur, ayam kampung, dan ayam pedaging juga mengalami penurunan signifikan, terutama pada ayam petelur yang berkurang dari 877.250 ekor pada tahun 2019 menjadi hanya 8.000 ekor pada tahun 2023.

Penurunan jumlah hewan ternak berdampak langsung pada perhitungan emisi GRK, terutama metana (CH_4) yang merupakan hasil dari proses pencernaan dan pengelolaan kotoran. Inventarisasi gas rumah kaca sendiri adalah proses rutin untuk mengumpulkan data dan memantau seberapa besar emisi GRK, serta melihat perubahannya dari waktu ke waktu. Proses ini mencakup berbagai sumber emisi serta penyerapannya, termasuk cadangan karbon yang tersimpan dalam ekosistem. Dengan berkurangnya jumlah ternak, diperkirakan terjadi penurunan emisi gas rumah kaca dari sektor peternakan. Namun, perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait faktor penyebab penurunan populasi ini (Hervani & Ariani, 2019).

Karena itu, penting untuk melakukan kajian terhadap emisi GRK dari sektor peternakan, khususnya di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali. Pendataan emisi ini merupakan langkah awal yang krusial untuk menyusun strategi dalam menghadapi dampak perubahan iklim di tingkat lokal. Studi mengenai inventarisasi emisi GRK sektor peternakan telah banyak dilakukan oleh Ishak *et al* (2019), Mahmud & Prima (2021), serta Syarifuddin & Devitriano (2019), namun belum ada yang mengkaji inventarisasi emisi GRK

di tingkat desa terkhusus di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali. Berdasarkan hal tersebut studi ini akan mengkaji inventarisasi GRK secara sistematis, sehingga rekomendasi mitigasi menjadi lebih relevan untuk komunitas peternak skala kecil seperti di Desa Gedangan.

METODE PENELITIAN

Studi ini memanfaatkan data sekunder, yakni data populasi ternak tahun 2024 yang diterima dari Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Boyolali. Data tersebut digunakan untuk menghitung emisi gas metana (CH₄) yang berasal dari fermentasi enterik (*enteric fermentation*) dan pengelolaan kotoran ternak (*manure management*), serta emisi dinitrogen oksida (N₂O), baik yang dilepaskan secara langsung maupun tak langsung. Perhitungan emisi ini berpedoman dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC 2006) dan Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional dari Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2012, dengan menggunakan metode tier-1. *Tier* (tingkat ketelitian) tersusun dari tiga tingkatan yang ada, yaitu tier-1, tier-2, serta tier-3. Perhitungan pada *tier-1* merupakan metode paling sederhana dengan menggunakan faktor emisi yang berlaku secara regional atau global. *Tier-2* mengacu pada faktor emisi yang lebih spesifik berdasarkan kondisi lokal. Serta, *Tier-3* melibatkan metode yang lebih kompleks meliputi pendekatan atau pemodelan mendetail berbasis inventarisasi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Jumlah emisi dinyatakan dalam Gg CH₄ per tahun, lalu diubah menjadi Gg CO₂-ekuivalen berdasarkan nilai GWP, dengan angka 23 untuk metana dan 298 untuk dinitrogen oksida (Mahmud & Prima, 2021).

Tabel 1. Populasi Hewan Ternak Desa Gedangan Tahun 2024

No.	Jenis Hewan (<i>Animal Category</i>)	Populasi (<i>Population</i>) (ekor)
1.	Sapi pedaging	168
2.	Sapi perah	1.104
3.	Kambing	812
4.	Domba	112
5.	Bebek	125
6.	Ayam buras (kampung)	1.700
	TOTAL	4.021

Sumber: Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Boyolali (2024)

Di Desa Gedangan, jumlah ternaknya tergolong besar, meliputi hewan ruminansia seperti sapi, kambing, dan domba, serta unggas sebagai ternak non-ruminansia. Pada tahun 2024, populasi sapi pedaging adalah 168 ekor yang terdiri dari 162 ekor sapi jantan (8 ekor sapi anakan, 66 ekor sapi muda, 88 ekor sapi dewasa) dan 6 ekor sapi betina (2 ekor sapi muda dan 4 ekor sapi dewasa). Sementara itu, populasi sapi perah mencapai jumlah 1.104 ekor yang terdiri dari 232 ekor sapi jantan (66 ekor sapi anakan, 106 ekor sapi muda, 60 ekor sapi dewasa) serta 872 ekor sapi betina (76 ekor sapi anakan, 364 ekor sapi muda, 432 ekor sapi dewasa). Populasi kambing berjumlah 812 ekor, terdiri dari 460 ekor kambing jantan (92 ekor kambing anakan, 208 ekor kambing muda, 160 ekor kambing dewasa) dan 352 ekor kambing betina (94 ekor kambing anakan, 126 ekor kambing muda, dan 132 ekor kambing dewasa). Populasi domba berjumlah 112 ekor yang terdiri dari 68 ekor domba jantan (18 ekor domba anakan, 22

ekor domba muda, 28 ekor domba dewasa) serta 44 ekor domba betina (14 ekor domba anakan, 16 ekor domba muda, dan 14 ekor domba dewasa). Selain itu, populasi bebek memiliki total 125 ekor (44 ekor bebek jantan dan 81 ekor bebek betina) serta populasi ayam buras mencapai 1.700 ekor meliputi 901 ekor ayam jantan dan 799 ekor ayam betina. Jumlah ternak yang cukup besar ini berkaitan dengan fakta bahwa banyak warga menggantungkan hidupnya dari usaha peternakan.

Berdasarkan **Tabel 1**, jenis ternak yang paling dominan di Desa Gedangan adalah ayam buras (kampung), dengan jumlah mencapai 1.700 ekor, disusul dengan sapi perah berjumlah 1.104 ekor, kambing 812 ekor, sapi pedaging 168 ekor, bebek 125 ekor, domba 112 ekor, burung merpati 105 ekor, dan kelinci 61 ekor. Di Indonesia, hewan ternak seperti sapi pedaging, sapi perah, kerbau, serta hewan yang lebih kecil seperti kambing dan domba, merupakan penyumbang emisi GRK berupa CH₄ dan N₂O. Selain itu babi, ayam petelur, ayam ras (negeri), ayam buras (kampung), serta bebek juga turut menghasilkan emisi GRK dalam sistem peternakan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). Dalam studi ini akan dilakukan perhitungan emisi GRK (CH₄ dan N₂O) terhadap sapi pedaging, sapi perah, kambing, domba, bebek, dan ayam buras (kampung) dengan menggunakan faktor emisi yang ditunjukkan pada **Tabel 2 dan 3**. Akan tetapi, hanya hewan ruminansia seperti sapi, kambing, domba, dan kerbau yang menghasilkan emisi metana (CH₄) dari proses fermentasi enterik. Hal ini dikarenakan hewan-hewan tersebut memiliki sistem pencernaan lambung majemuk. Sedangkan, hewan non-ruminansia seperti ayam dan bebek tidak dihitung menghasilkan CH₄ dari enterik karena sistem pencernaannya berbeda (monogastrik).

Tabel 2. Koefisien/Faktor Emisi CH₄ dari *Enteric Fermentation* dan *Manure Management*

Jenis Hewan (Animal Category)	Fermentasi Enterik (Enteric Fermentation) (kg/ekor/tahun)	Pengelolaan Kotoran Ternak (Manure Management) (kg/ekor/tahun)
Sapi pedaging	47	1
Sapi perah	61	31
Kambing	5	0,22
Domba	5	0,20
Bebek	-	0,02
Ayam buras (kampung)	-	0,02

Sumber: Intergovernmental Panel on Climate Change 2006

Tabel 3. Koefisien/Faktor Emisi Langsung N₂O dari *Manure Management*

Jenis Hewan (Animal Category)	Faktor Emisi (Emission Factor) (kg N₂O/ekor/hari)	Ukuran Berat (Weight Measure) (kg)	Durasi Pemeliharaan (Maintenance Duration) (hari)
Sapi pedaging	0,34	250	365
Sapi perah	0,47	300	365
Kambing	1,37	45	365
Domba	1,17	45	365
Unggas	0,05	1,5	365

Sumber: Intergovernmental Panel on Climate Change 2006

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi ternak di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, yang meliputi sapi perah, sapi pedaging, kambing, dan domba, berkontribusi terhadap emisi CH₄ dari proses enterik. Fermentasi enterik merupakan proses pencernaan pada hewan ruminansia seperti sapi, kambing, dan domba yang menghasilkan gas metana. Proses ini berlangsung di dalam rumen, bagian pertama dari perut hewan ruminansia, tempat mikroorganisme memecah bahan organik. Gas yang dihasilkan akhirnya terbuang ke lingkungan melalui pelepasan dari saluran pencernaan (Rofiq, 2014). Sapi perah merupakan ternak dominan dengan jumlah mencapai 1.104 ekor, diikuti oleh sapi pedaging sebanyak 168 ekor, serta kambing dan domba dengan populasi masing-masing 812 dan 112 ekor. Berdasarkan model perhitungan IPCC 2006, produksi metana akibat fermentasi enterik bergantung pada seberapa banyak ternak yang dipelihara dan seberapa besar emisi yang dihasilkan oleh masing-masing jenis hewan. Perhitungan ini menggunakan rumus dasar emisi metana = faktor emisi x populasi ternak. Perhitungan yang didapat kemudian dikonversi menjadi Gg CO₂-ekuivalen berdasarkan parameter Global Warming Potential (GWP) metana, di mana 1 kg CH₄ setara dengan 25 kg CO₂. Hasil perhitungan emisi CH₄ dari proses enterik ditunjukkan oleh **Tabel 4** di bawah ini.

Tabel 4. Emisi CH₄ dari Proses Enterik (*Enteric Fermentation*)

Jenis Hewan (<i>Animal Category</i>)	Emisi CH ₄ (Gg CH ₄ /tahun)	Emisi CH ₄ (Gg CO ₂ -e/tahun)
Sapi pedaging	0,0079	0,1974
Sapi perah	0,0673	1,6836
Kambing	0,004	0,1015
Domba	0,0006	0,014
Bebek	-	-
Ayam buras (kampung)	-	-
TOTAL	0,0798	1,996

Sumber: Data diolah (2025)

Berdasarkan **Tabel 4**, didapatkan bahwa angka-angka terkait emisi CH₄ dari proses enterik menunjukkan bahwa sapi perah adalah penyumbang utama emisi metana, dengan angka 0,0673 Gg CH₄/tahun. Selanjutnya, sapi pedaging menempati urutan kedua dengan angka emisi 0,0079 Gg CH₄/tahun, diikuti oleh kambing yang mencatat angka 0,004 Gg CH₄/tahun. Domba menyumbang emisi terendah di antara hewan-hewan yang tercatat, dengan jumlah hanya 0,0006 Gg CH₄/tahun. Sebaliknya, bebek dan ayam kampung tidak berkontribusi terhadap emisi CH₄ dari proses enterik dikarenakan sistem pencernaan yang berbeda. Jumlah total emisi CH₄ dari semua kategori hewan mencapai 0,0798 Gg CH₄/tahun, yang setara dengan 1,996 Gg CO₂-eq/tahun.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sapi perah berperan besar dalam menghasilkan gas metana (CH₄) melalui proses fermentasi enterik di sistem pencernaannya. Populasi sapi perah di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali tercatat jauh lebih tinggi dibandingkan ternak lain, sehingga kontribusinya terhadap emisi CH₄ juga lebih besar. Sebagai hewan ruminansia, sapi perah memiliki rumen, yaitu bagian dari sistem pencernaan yang mengandung mikroorganisme yang berperan dalam pemecahan protein, karbohidrat, dan dinding sel tanaman menjadi gula sederhana dan asam amino. Proses ini berlangsung dalam kondisi anaerob, sehingga menghasilkan metana sebagai produk sampingan, yang kemudian

dilepaskan ke atmosfer. Hasil ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang disebutkan oleh Mahmud dan Prima (2021), bahwa jumlah populasi ternak merupakan faktor utama yang mempengaruhi tingkat fermentasi enterik dan emisi CH₄ dari kegiatan peternakan. Sapi perah, sebagai ruminansia utama, memiliki tingkat produksi CH₄ yang lebih tinggi dibandingkan sapi pedaging, kambing, atau domba. Dengan populasi sapi perah yang cukup besar di Desa Gedangan, dampak emisi CH₄ dari proses fermentasi enterik semakin signifikan. Oleh karena itu, upaya mitigasi yang difokuskan pada pengelolaan populasi dan sistem pakan sapi perah dapat menjadi langkah strategis dalam mengurangi emisi CH₄ di Desa Gedangan.

Tabel 5. Emisi CH₄ dari Sistem Pengolahan Limbah Ternak (*Manure Management*)

Jenis Hewan (<i>Animal Category</i>)	Emisi CH ₄ (Gg CH ₄ /tahun)	Emisi CH ₄ (Gg CO ₂ -e/tahun)
Sapi pedaging	0,00017	0,0042
Sapi perah	0,0342	0,8556
Kambing	0,00018	0,0047
Domba	0,00002	0,0006
Bebek	0,000002	0,00006
Ayam buras (kampung)	0,00003	0,0008
TOTAL	0,0346	0,866

Sumber: Data diolah (2025)

Populasi ternak di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, juga berkontribusi terhadap emisi CH₄ dari sistem pengolahan limbah ternak. Dengan jumlah sapi perah yang mencapai 1.104 ekor, sapi pedaging 168 ekor, serta kambing dan domba masing-masing 812 dan 112 ekor. Limbah ternak yang mengandung bahan organik mengalami proses dekomposisi anaerob dalam sistem penyimpanan dan pengelolaan kotoran, yang menghasilkan emisi metana. Faktor CH₄ dari kotoran ternak bergantung pada jenis ternak dan sistem pengelolaan limbah. **Tabel 5** menunjukkan bahwa sapi perah menjadi penyumbang emisi metana terbesar, yaitu sebesar 0,0342 Gg CH₄ per tahun (setara dengan 0,8556 Gg CO₂-ekuivalen per tahun). Angka tersebut mencerminkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan hewan ternak lainnya, seperti sapi pedaging sebesar 0,00017 Gg CH₄ (0,0042 Gg CO₂-eq), kambing 0,00018 Gg CH₄ (0,0047 Gg CO₂-eq), domba 0,00002 Gg CH₄ (0,0006 Gg CO₂-eq), bebek 0,000002 Gg CH₄ (0,00006 Gg CO₂-eq), dan ayam kampung 0,00003 Gg CH₄ (0,0008 Gg CO₂-eq) per tahun. Apabila dijumlahkan, total emisi metana dari sistem pengolahan limbah semua ternak mencapai 0,0346 Gg CH₄/tahun atau setara dengan 0,866 Gg CO₂-ekuivalen.

Tingginya emisi CH₄ dari pengelolaan kotoran sapi perah dapat dikaitkan dengan beberapa faktor utama. Pertama, sistem penyimpanan kotoran yang digunakan dalam peternakan sapi perah di Desa Gedangan dominan berbasis slurry, yang memungkinkan fermentasi anaerob berlangsung lebih lama, sehingga meningkatkan produksi CH₄. Hal ini didukung berdasarkan penelitian Syarifuddin & Devitriano (2019), bahwa sistem penyimpanan kotoran yang berbentuk cair atau semi-cair memfasilitasi aktivitas mikroba metanogen, yang mengubah bahan organik dalam kotoran ternak menjadi metana. Sebaliknya, ternak lain seperti sapi pedaging dan kambing cenderung menggunakan solid storage, yang memiliki aerasi lebih baik dan menghasilkan lebih sedikit CH₄. Kedua, sapi perah memiliki konsumsi pakan yang lebih tinggi dibandingkan ternak lainnya, sehingga jumlah ekskresi bahan organik dan nitrogen

dalam kotoran juga lebih besar. Berdasarkan Mahmud dan Prima (2021), sapi perah menghasilkan lebih banyak limbah organik, yang menjadi substrat bagi mikroba untuk menghasilkan CH₄ dalam sistem penyimpanan anaerob. Sehingga, semakin tinggi konsumsi pakan dan jumlah kotoran yang dihasilkan, semakin besar potensi emisi CH₄ dari pengelolaan kotoran.

Tabel 6. Emisi N₂O Langsung dari Sistem Manajemen Limbah Ternak

Jenis Hewan (<i>Animal Category</i>)	Emisi N ₂ O Langsung (kg N ₂ O/tahun)	Emisi N ₂ O Langsung (kg CO ₂ -e/tahun)
Sapi pedaging	17,952	5.349,69
Sapi perah	57,077	17.008,87
Kambing	174,81	52.093,98
Domba	20,592	6.136,42
Bebek	48,910	14.575,39
Ayam buras (kampung)	657,17	19.5837,08
TOTAL	976,51	291.001,43

Sumber: Data diolah (2025)

Peternakan di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali juga menyumbang emisi N₂O melalui pengelolaan kotoran. Perhitungan dilakukan berdasarkan pedoman IPCC 2006 dengan metode *Tier-1*, dengan mempertimbangkan faktor emisi harian, bobot hidup hewan, dan periode pemeliharaan. Pada **Tabel 6** di atas, data emisi gas N₂O secara langsung di Desa Gedangan, menyumbang gas dinitrogen oksida (N₂O) dengan total 291.001,43 kg CO₂-eq/tahun. Kontribusi paling tinggi berasal dari kambing yang menghasilkan 52.093,98 kg CO₂-eq/tahun, diikuti oleh ayam kampung sebesar 19.5837,08 kg CO₂-eq/tahun, dan selanjutnya sapi perah dengan jumlah 17.008,87 kg CO₂-eq/tahun. Tingginya emisi N₂O dari kambing dapat dikaitkan dengan pola ekskresi nitrogen yang lebih tinggi dibandingkan unggas. Ternak ruminansia seperti kambing memiliki sistem pencernaan yang menghasilkan lebih banyak nitrogen dalam fesesnya, yang kemudian mengalami nitrifikasi dan denitrifikasi, menghasilkan N₂O. Selain itu, sistem penyimpanan kotoran yang digunakan pada kambing berbasis solid storage, sehingga memiliki laju ekskresi per hari yang tinggi yaitu sebesar 1,37 kg N₂O/ekor/hari. Sehingga, jika tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan pelepasan nitrogen dalam bentuk gas rumah kaca.

Di sisi lain, ayam buras juga berkontribusi secara signifikan terhadap emisi N₂O langsung, meskipun termasuk dalam kategori ternak non-ruminansia. Populasinya yang sangat besar (1.700 ekor) dan kotoran yang kaya akan nitrogen menjadi penyebab utamanya. Sistem pengelolaan kotoran tanpa penadahan juga mendukung peningkatan proses konversi nitrogen menjadi N₂O. Hasil ini sesuai dengan penelitian dari Mahmud dan Prima (2021), yang menyoroti bahwa sistem pemupukan langsung dan tumpukan kotoran ternak yang tidak dikelola dengan baik berkontribusi besar terhadap pelepasan N₂O. Penelitian Ishak *et al.* (2019), juga menguatkan temuan ini dengan menunjukkan bahwa populasi ternak yang tinggi, jika tidak diimbangi dengan manajemen limbah yang efektif, dapat menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, strategi mitigasi seperti penggunaan biodigester, optimalisasi sistem penyimpanan aerobik, serta formulasi pakan rendah nitrogen, dapat menjadi langkah penting dalam mengurangi emisi N₂O dari pengelolaan kotoran kambing dan ayam buras.

Tabel 7. Emisi N₂O Tak Langsung dari Sistem Manajemen Limbah Ternak

Jenis Hewan (<i>Animal Category</i>)	Emisi N ₂ O Tidak Langsung (kg N ₂ O/tahun)	Emisi N ₂ O Tidak Langsung (kg CO ₂ -eq/tahun)
Sapi pedaging	0,0024	0,7080
Sapi perah	0,0048	1,4476
Kambing	0,0057	1,7111
Domba	0,0008	0,2360
Bebek	0,0032	0,9658
Ayam buras (kampung)	0,0440	13,135
TOTAL	0,0609	18,203

Sumber: Data diolah (2025)

Peternakan di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali juga berkontribusi terhadap gas N₂O secara tak langsung melalui pengelolaan limbah di bidang peternakan, walaupun total yang dihasilkan jauh lebih kecil yakni 18,203 kg CO₂-eq/tahun. Emisi N₂O tidak langsung dari ayam buras yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa pengelolaan kotoran unggas berkontribusi terhadap pelepasan nitrogen reaktif ke lingkungan, yang kemudian mengalami proses konversi menjadi N₂O melalui mekanisme tidak langsung seperti volatilisasi amonia (NH₃) dan pencucian nitrat (NO₃⁻). Sistem pemeliharaan unggas tanpa penadahan sangat sering menyebabkan akumulasi kotoran dalam jumlah besar, terutama dalam peternakan tradisional atau semi-intensif, di mana kotoran langsung tercecer di lantai kandang atau dibuang ke lahan tanpa perlakuan khusus. Hal ini mempercepat pelepasan nitrogen ke atmosfer atau tanah, yang selanjutnya mengalami nitrifikasi dan denitrifikasi, sehingga menghasilkan N₂O tidak langsung. Hal ini didukung oleh penelitian Mahmud dan Prima (2021), yang menemukan bahwa populasi unggas yang besar dalam sistem terbuka atau semi-intensif dapat meningkatkan pelepasan nitrogen, terutama dalam bentuk NH₃ yang terlepas ke udara dan NO₃⁻ yang masuk ke air tanah, yang kemudian dikonversi menjadi N₂O. Studi Ishak *et al.* (2019), juga menunjukkan bahwa tanpa sistem pengelolaan limbah yang terkontrol, peternakan unggas memiliki potensi besar dalam meningkatkan emisi N₂O tidak langsung, terutama jika kandungan nitrogen dalam ekskresi unggas tinggi dan terjadi akumulasi kotoran dalam jumlah besar.

Tabel 8. Total Hasil Perhitungan Emisi GRK di Desa Gedangan

Tipe Emisi	Total (Gg CO ₂ -e/tahun)
CH ₄ Fermentasi Enterik	1,996
CH ₄ Pengelolaan Kotoran Ternak	0,866
N ₂ O Kotoran Ternak Secara Langsung	0,2910
N ₂ O Kotoran Ternak Secara Tidak Langsung	0,0182

Sumber: Data diolah (2025)

Hasil perhitungan pada **Tabel 8** menunjukkan bahwa bidang peternakan di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali, memproduksi gas rumah kaca (GRK) sebesar 3,1712 Gg CO₂-e per tahun dengan total populasi 4.021 hewan ternak. Emisi terbanyak berasal dari proses enterik pada ternak ruminansia (1,996 Gg CO₂-eq/tahun), terutama sapi perah yang jumlah populasinya paling banyak mencapai 1.104 ekor. Nilai emisi CH₄ dari

fermentasi enterik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan dari pengelolaan kotoran, menunjukkan bahwa proses pencernaan dalam sistem rumen ruminansia memberikan kontribusi signifikan terhadap pelepasan metana ke atmosfer. Sapi perah memiliki tingkat produksi CH₄ dari fermentasi enterik yang paling tinggi, diikuti oleh sapi pedaging dan kambing.

Fermentasi enterik menjadi penyumbang utama emisi CH₄ karena merupakan proses biologis yang terjadi dalam sistem pencernaan ruminansia. Hewan seperti sapi perah, sapi pedaging, dan kambing memiliki rumen, yaitu ruang di dalam sistem pencernaan mereka yang berisi mikroorganisme seperti bakteri metanogen. Mikroorganisme ini bertugas memecah bahan organik, terutama serat dari tanaman yang dikonsumsi ternak, melalui proses fermentasi anaerob. Hasil sampingan dari fermentasi ini adalah gas metana (CH₄), yang dilepaskan melalui sendawa dan pernapasan ternak ke atmosfer. Penelitian Mahmud dan Prima (2021), menegaskan bahwa jumlah populasi ternak menjadi faktor utama dalam peningkatan emisi fermentasi enterik, karena semakin banyak ternak ruminansia yang dipelihara, semakin besar total produksi CH₄ yang dihasilkan. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa sapi perah memiliki tingkat fermentasi enterik yang lebih tinggi dibandingkan sapi pedaging, dikarenakan konsumsi pakan berbasis hijauan yang lebih banyak dan waktu fermentasi dalam rumen yang lebih lama. Namun di samping itu, studi lain yang dilakukan oleh Ishak et al. (2019), juga menunjukkan bahwa sapi potong berkontribusi tinggi terhadap emisi fermentasi enterik, dengan tingkat pelepasan CH₄ yang jauh lebih besar dibandingkan kambing dan unggas, karena rumen sapi memiliki kapasitas fermentasi yang lebih besar dan konsumsi pakan yang lebih tinggi.

Oleh karena itu, diperlukan strategi dan usaha guna menekan emisi gas CH₄ dan N₂O yang berasal dari kegiatan peternakan khususnya di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali. Langkah-langkah mitigasi skala kecil dapat dijalankan di desa penghasil biogas ini, salah satunya dengan memastikan slurry langsung masuk ke biodigester dengan sistem tertutup, sehingga fermentasi anaerob terjadi di dalam reaktor. Penerapan probiotik pada hewan ruminansia juga dapat dilakukan untuk mengurangi pengeluaran metana selama proses pencernaan. Sedangkan, kotoran-kotoran dari unggas dapat dilakukan pengomposan dengan tujuan untuk mengurangi emisi N₂O. Komunikasi interaktif dengan peternak mengenai GRK yang dikeluarkan juga sangat penting untuk mendukung penerapan yang efektif dari langkah-langkah ini.

KESIMPULAN

Inventarisasi emisi GRK bidang peternakan di Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali menunjukkan bahwa aktivitas peternakan masih menjadi sumber emisi GRK yang signifikan, terutama dari proses enterik (*enteric fermentation*) dan sistem pengolahan limbah ternak (*manure management*). Sapi perah tercatat sebagai penyumbang terbesar emisi metana (CH₄), sedangkan kambing dan ayam buras (kampung) memberikan kontribusi cukup besar terhadap emisi dinitrogen oksida (N₂O), baik secara langsung maupun tak langsung. Total emisi GRK yang dihasilkan dari seluruh aktivitas peternakan di desa ini mencapai 3,1712 Gg CO₂-eq per tahun dengan total populasi 4.021 hewan ternak, yang mana proses enterik menjadi penyumbang tertinggi. Studi ini menunjukkan bahwa meskipun skala peternakan di Desa Gedangan tergolong kecil, dampaknya terhadap lingkungan tetap perlu

mendapat perhatian. Upaya pengurangan emisi GRK dari bidang peternakan dapat dilakukan melalui berbagai strategi, mulai dari mengelola kotoran ternak melalui proses produksi biogas dengan memastikan slurry langsung masuk ke biodigester dengan sistem tertutup, hingga membuat pupuk kompos dari kotoran unggas dengan tujuan mengurangi emisi dinitrogen oksida. Selain itu, dapat dilakukan pula sosialisasi kepada para peternak supaya mereka paham mengenai dampak emisi yang dihasilkan dan dapat menerapkan upaya pengelolaan kotoran ternak yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). *Boyolali Dalam Angka, 2020-2024*. BPS Kabupaten Boyolali.
- Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Boyolali. 2024. *Data Jumlah Populasi Ternak Tahun 2024*. Boyolali.
- Hervani, A., & Ariani, M. (2019). Emisi Metana dari Pengelolaan Kotoran Ternak di Yogyakarta â€“Inventarisasi. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 21(3), 319-326.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories-A primer, Prepared by the national greenhouse gas inventories programme*. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, editors. Hayama (Japan): Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- Irma, M. F., & Gusmira, E. (2023). Evaluasi Kebijakan Lingkungan terhadap Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia. *Jurnal Kolaborasi Sains dan Ilmu Terapan*, 2(1), 12-18.
- Ishak, A. B. L., Takdir, M., & Wardi, W. (2019). Estimasi emisi gas rumah kaca (grk) dari sektor peternakan tahun 2016 di Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 21(1), 51-58.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II Volume 3*. Kementerian Lingkungan Hidup Press. Jakarta.
- Mahmud, A., & Prima, A. (2021). Inventarisasi potensi emisi metana (CH₄) pada peternakan sapi perah di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang. *Livestock and Animal Research*, 19(3), 265-273.
- Rofiq, M. N. (2014). Estimasi Emisi Gas Metana dari Fermentasi Enterik Ternak Ruminansia Di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT*, 15(2), 71-76.
- Syarifuddin, H., Sy, A. R., & Devitriano, D. (2019). Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (CH₄ dan N₂O) Dari Sektor Peternakan Sapi Dengan Metode Tier-1 IPCC di Kabupaten Muaro Jambi: Inventory of Greenhouse Gas Emissions (CH₄ and N₂O) From the Livestock Sector Using IPCC Tier-1 Method in Muaro Jambi Regency. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 22(2), 84-94.