

Evaluasi Potensi Emisi Gas Rumah Kaca Di Peternakan Sapi Potong Di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang

Evaluation Of Greenhouse Gas Emission Potential in Beef Cattle Farming in Paseh District, Sumedang Regency

Agung Sukmono*, Oki Imanudin, Dini Widianingrum

Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Majalengka
Jl. K.H. Abdul Halim No. 103 Majalengka, Jawa Barat 45418, Indonesia

*Corresponding author: agungukmono0@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to inventory methane gas emissions from beef cattle farms in Paseh District, Sumedang Regency. The method in this study is a survey method. Data analysis used in this study is descriptive with primary data derived from interviews, direct physical observations in the field and questionnaire data. Determination of the number of questionnaire samples was purposive. The results showed that CH₄ gas emissions from enteric fermentation of beef cattle in Paseh District with a population of 86 beef cattle contributed 0.00291 Gg CH₄/year or equivalent to 2,91 tons CH₄/year. The highest methane emissions from enteric fermentation were produced by the Mayang Tanjung Mekar group with a population of 35 cattle producing methane emissions of 0.00118 Gg CH₄/year, while the lowest were produced by the Kondang Jaya and Salak Mukti groups with a population of 8 cattle producing methane emissions of 0.00027 Gg CH₄/year. The conclusion of this study is that the beef cattle farming sector from enteric fermentation in Paseh District contributes to producing methane gas emissions, to minimize the impact of these emissions, farmers can carry out engineering or pay attention to good livestock feed management.

Keywords: Greenhouse Gases, Beef Cattle, Population, Enteric Fermentation

PENDAHULUAN

Gas rumah kaca (GRK) merupakan komponen dalam atmosfer bumi yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan memancarkan radiasi inframerah. Sifat ini menyebabkan GRK berkontribusi pada efek pemanasan global, yaitu peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi.

GRK yang paling umum teridentifikasi meliputi karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida (N₂O), dan uap air (H₂O). Metana merupakan salah satu GRK yang paling penting dan menarik perhatian besar dalam kaitannya dengan perubahan iklim global. Meskipun konsentrasinya dalam atmosfer jauh lebih rendah daripada CO₂, CH₄ memiliki potensi pemanasan global yang jauh lebih besar.

Beberapa dampak yang ditimbulkan dari perubahan iklim diantaranya meningkatnya temperatur permukaan bumi, musim kemarau yang panjang dan perubahan curah hujan. Perubahan iklim tersebut berdampak negatif terhadap industri peternakan, seperti perubahan pada kualitas dan kuantitas pakan, mengganggu kondisi kesehatan ternak dan mengganggu produktivitas ternak (Mahmud dan Prima, 2021).

Sumber-sumber utama CH₄ berasal dari berbagai kegiatan manusia dan alami. Kegiatan manusia, seperti industri, pertanian, dan pengelolaan limbah, menyumbang secara signifikan terhadap emisi CH₄. Salah satu sektor yang menjadi fokus perhatian adalah sektor peternakan,

terutama peternakan sapi potong, produksi metana (CH_4) yang dihasilkan dari proses dekomposisi feses dan CH_4 enterik dari hasil proses pencernaan berupa feses. Fermentasi enterik adalah proses pencernaan pada sapi yang menghasilkan metana (CH_4), sebuah gas rumah kaca yang memiliki potensi pemanasan global 25 kali lebih besar dibandingkan dengan karbon dioksida (CO_2) dalam jangka waktu 100 tahun.

Limbah feses yang ditumpuk termasuk pengelolaan kotoran, dan feses yang disebar di lahan merupakan sumber emisi, hanya proses dekomposisi ini yang menghasilkan N_2O (Nurhayati *et al.*, 2017). Jumlah limbah yang dihasilkan beriringan dengan populasi ternak itu sendiri.

Kabupaten Sumedang merupakan daerah yang sangat potensial untuk menghasilkan emisi gas karena terdapat jumlah populasi ternak yang tinggi. Kabupaten Sumedang memiliki jumlah populasi sapi potong ke-tiga terbanyak di Jawa Barat, pada Tahun 2022 tercatat sebanyak 33.256 ekor (Badan Pusat Statistika, 2022).

Salah satu wilayah yang menjadi sentra peternakan sapi potong di Kabupaten Sumedang yaitu Kecamatan Paseh. Peternakan sapi potong di Kecamatan Paseh dilakukan dengan 2 sistem yaitu dengan sistem individual dan sistem berkelompok.

Sistem peternakan secara berkelompok di lingkungan Kecamatan Paseh sudah lama dilakukan. Akan tetapi, permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dampak dari kegiatan tersebut belum dilakukan penanganan yang tepat sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan dan kekhawatiran lainnya seperti resiko emisi dan pencemar. Permasalahan dari peternak sapi potong di kecamatan Paseh ini adalah membuang limbah ternak ke belakang kandang, atau dibuang ke lahan sekitaran kandang, menggunakan sistem tumpuk kering.

Daerah-daerah yang menjadi sentra jenis ternak tertentu penting untuk dilakukan inventarisasi emisi, walaupun secara nasional data tentang emisi gas metana sudah ada namun akan jauh lebih baik apabila setiap daerah juga memiliki data tentang emisi tersebut, sehingga akan memudahkan pemerintah daerah dalam membuat kebijakan. Melihat dari dampak yang ditimbulkan oleh emisi GRK, maka perlu dilakukan upaya untuk mencegah dan mengurangi emisi tersebut.

Potensi pemanasan global CH_4 adalah 21 kali lipat dari CO_2 dan menyumbang 15 persen dari total emisi metana (UNFCCC, 2006), oleh karena itu emisi CH_4 dari produksi ruminansia menjadi fokus kajian ini. Proporsi potensi tersebut akan terus meningkat seiring dengan peningkatan populasi.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menginventarisasi emisi gas metana, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya mitigasi perubahan iklim global serta dalam pengembangan sistem peternakan sapi potong yang ramah lingkungan dan berkelanjutan khususnya di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang.

Berdasarkan kondisi tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Potensi Emisi Gas Rumah Kaca di Peternakan Sapi Potong di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang”.

MATERI DAN METODE

Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah usaha peternakan sapi potong sebanyak 53 peternak yang berada di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang.

Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan yaitu Survei. Data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berasal dari hasil wawancara, pengamatan fisik langsung di lapangan dan data kuesioner. Sedangkan data sekunder merupakan data yang

mendukung data primer yang diambil dari jurnal, studi literatur, buku yang berhubungan dengan penelitian, dan data dari Dinas Pertanian Kabupaten Sumedang. Metana dihitung menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) untuk metode Tier 1.

Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tier-1 pada Pedoman IPCC 2006. Tahapan dalam pengerjaan perhitungan emisi gas metana (CH₄) meliputi penentuan jumlah populasi (*animal Unit*).

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai tanggal 12 Mei sampai dengan 15 Juni 2024 di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

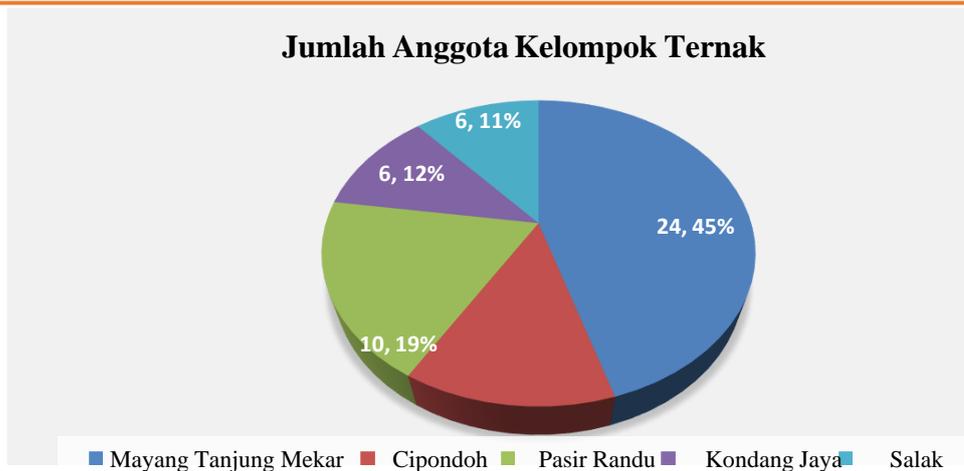
Deskripsi Lokasi Penelitian

Kecamatan Paseh terletak di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, dan memiliki topografi yang bervariasi dengan dominasi dataran tinggi dan perbukitan. Topografi ini berperan penting dalam menentukan produktivitas peternakan sapi potong. Kecamatan Paseh terletak di daerah perbukitan dengan ketinggian yang bervariasi antara 500 hingga 900 meter di atas permukaan laut. Kecamatan Paseh memiliki iklim yang lebih sejuk dibandingkan dengan dataran rendah, intensitas curah hujan yang cukup tinggi sepanjang tahun, dengan rata-rata curah hujan sekitar 2000 mm per tahun (Badan Pusat Statistik Sumedang, 2023). Sistem drainase alam yang baik di daerah perbukitan membantu mengurangi risiko genangan air yang dapat mempengaruhi kesehatan ternak, kondisi lingkungan ini termasuk kategori kondisi ideal bagi pertumbuhan sapi potong. Penelitian menunjukkan bahwa sapi yang dipelihara di iklim sejuk cenderung memiliki pertumbuhan yang lebih baik dan risiko stres panas yang lebih rendah, yang pada gilirannya meningkatkan produktivitas (Haryanto *et al.*, 2020).

Kesuburan tanah dan curah hujan yang memadai memastikan ketersediaan pakan hijauan sepanjang tahun. Pakan berkualitas tinggi sangat penting untuk pertumbuhan dan kesehatan sapi potong (Sutardi & Hermanto, 2019). Tingkat ketinggian Kecamatan Paseh memungkinkan penempatan kandang di lokasi yang strategis dengan sirkulasi udara yang baik. Penempatan kandang yang tepat membantu menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan kandang, serta mengurangi risiko penyakit ternak (Nugroho, 2021).

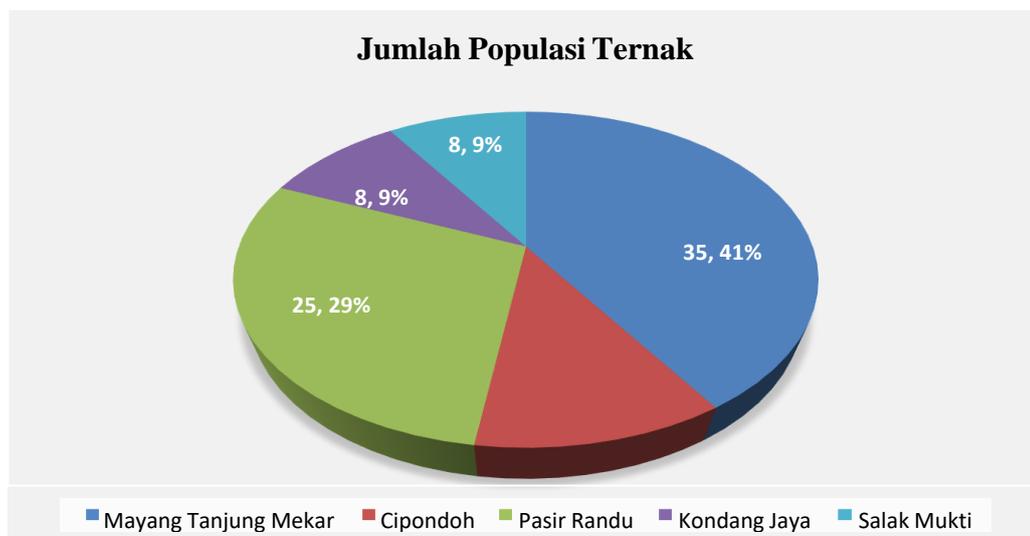
Karakteristik Responden

Kecamatan Paseh di Kabupaten Sumedang memiliki potensi cukup besar dalam pengembangan peternakan sapi potong. Beberapa desa di kecamatan Paseh memiliki kelompok peternak yang aktif dalam kegiatan budidaya sapi potong. Peternakan sapi di Kecamatan Paseh umumnya merupakan usaha skala kecil hingga menengah. Jumlah ternak yang dipelihara oleh setiap peternak bervariasi dari beberapa ekor hingga puluhan ekor. Data sebaran jumlah anggota kelompok dan populasi ternak di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang yang bersumber dari Dinas Perikanan dan Peternakan Kabupaten Sumedang diilustrasikan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Jumlah Anggota Kelompok Peternak sapi potong di Kecamatan Paseh 2024

Berdasarkan hasil observasi (Gambar 1) jumlah peternak sapi potong yang aktif sebanyak 53 orang yang tersebar di tiga Desa. jumlah peternak terbanyak berada di Desa Pasir Reungit dengan jumlah anggota kelompok sebanyak 24 orang dengan jumlah populasi sapi sebanyak 35 ekor (Gambar 2).



Gambar 2. Populasi Ternak Sapi Potong di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang 2024

Gambar 2. menunjukkan total populasi sapi potong di seluruh desa adalah 86 ekor. Jumlah populasi ternak ini memiliki implikasi langsung terhadap potensi emisi gas rumah kaca (GRK), terutama metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O). Populasi ternak yang lebih besar cenderung menghasilkan emisi GRK yang lebih tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa emisi metana dari fermentasi enterik dan emisi N₂O dari limbah ternak meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi ternak (Johnson & Johnson, 1995).

Berdasarkan hasil observasi (Gambar 1) jumlah peternak sapi potong yang aktif sebanyak 53 orang yang tersebar di tiga Desa. jumlah peternak terbanyak berada di Desa Pasir Reungit dengan jumlah anggota kelompok sebanyak 24 orang dengan jumlah populasi sapi sebanyak 35 ekor (Gambar 2).

Gambar 2. menunjukkan total populasi sapi potong di seluruh desa adalah 86 ekor. Jumlah populasi ternak ini memiliki implikasi langsung terhadap potensi emisi gas rumah kaca (GRK),

terutama metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O). Populasi ternak yang lebih besar cenderung menghasilkan emisi GRK yang lebih tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa emisi metana dari fermentasi enterik dan emisi N_2O dari limbah ternak meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi ternak (Johnson & Johnson, 1995).

Jumlah populasi lebih banyak sapi, produksi gas metana dari fermentasi enterik dan volume limbah yang lebih besar berpotensi meningkatkan emisi GRK secara keseluruhan, meskipun memiliki emisi yang lebih rendah dibandingkan populasi besar, pengelolaan limbah tetap penting untuk mengurangi dampak lingkungan.

Keberadaan kelompok-kelompok ternak di Kecamatan Paseh tidak hanya meningkatkan perekonomian, tetapi juga memberikan lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar wilayah kecamatan Paseh. Dengan dukungan yang tepat dari pemerintah dan pihak terkait, kelompok-kelompok ternak ini memiliki potensi untuk terus berkembang dan memberikan kontribusi yang lebih besar bagi sektor peternakan dan perekonomian daerah. Usaha beternak sapi potong merupakan sumber penghasilan tambahan bagi keluarga peternak dari kegiatan usaha pertanian atau pekerjaan lain.

Kandang yang digunakan oleh peternak sapi di Kecamatan Paseh umumnya sangat sederhana. Kebanyakan kandang dibangun dengan bahan-bahan lokal seperti bambu, kayu, dan atap rumbia atau seng. Desain kandang ini sering kali tidak mempertimbangkan aspek kenyamanan dan kesehatan ternak, seperti ventilasi yang memadai, pengaturan suhu, dan sanitasi. (Hidayat, *et al.*, 2021).

Tata kelola kandang pada umumnya kurang memperhatikan standar kebersihan dan kesehatan yang baik. Kotoran ternak sering kali dibiarkan menumpuk di sekitar kandang, yang dapat menyebabkan masalah kesehatan bagi ternak, termasuk infeksi dan penyakit. Selain itu, kurangnya sistem drainase yang baik dapat menyebabkan genangan air dan kondisi kandang yang lembab, meningkatkan risiko penyakit ternak.

Pengelolaan limbah ternak, terutama kotoran sapi, belum dilakukan secara terpadu dan efisien. Kotoran ternak biasanya hanya dibiarkan menumpuk atau dibuang begitu saja, tanpa diolah menjadi pupuk organik atau sumber energi seperti biogas. Hal ini tidak hanya mengurangi potensi nilai tambah dari limbah ternak tetapi juga menimbulkan masalah lingkungan seperti pencemaran air dan tanah (Rahayu & Suryadi, 2022)

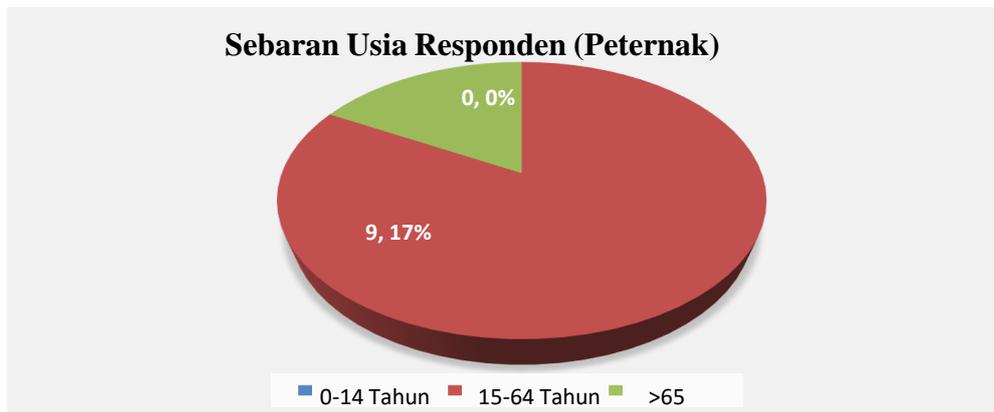
Kondisi kandang yang tidak optimal dan kurangnya sanitasi dapat berdampak negatif pada kesehatan dan produktivitas ternak. Ternak yang dipelihara di kandang yang kotor dan lembab lebih rentan terhadap penyakit, pada akhirnya dapat menurunkan tingkat produksi daging dan memperpanjang waktu pemeliharaan.

Pengelolaan limbah yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Kotoran ternak yang tidak diolah dapat mencemari air tanah dan aliran sungai, serta menyebabkan bau yang tidak sedap. Ini bisa mempengaruhi kualitas hidup masyarakat sekitar dan kesehatan lingkungan.

Responden pada penelitian ini berjumlah 53 orang. Responden ini memiliki beberapa kriteria seperti usia, pendidikan, pengalaman beternak, dan jumlah tanggungan keluarga. Kriteria yang pertama yaitu usia. Usia merupakan indikator yang sangat mempengaruhi produktivitas seseorang, dalam hal ini produktivitas tenaga kerja sebagai peternak sapi potong.

Usia Responden

Usia responden pada penelitian ini berkisar 40-60 tahun. Sebaran usia responden peternak sapi potong dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sebaran Usia Responden Sumber: Data Primer diolah (2023)

Gambar 3. mengungkapkan bahwa mayoritas responden berada dalam kelompok umur produktif (15-64 tahun), yang menunjukkan dominasi angkatan kerja dewasa dalam pengelolaan peternakan sapi potong. Tidak adanya responden dari kelompok umur 0-14 tahun juga menunjukkan bahwa anak-anak tidak terlibat langsung dalam kegiatan peternakan ini.

Responden dalam kelompok umur produktif (15-64 tahun) mendominasi populasi peternak di Kecamatan Paseh. Kelompok ini merupakan angkatan kerja utama yang memiliki peran penting dalam operasional peternakan dan pengelolaan limbah ternak. Menurut Smith *et al.* (2007), angkatan kerja produktif cenderung lebih adaptif terhadap teknologi baru dan metode modern dalam pengelolaan peternakan. Hal ini berarti kelompok umur ini memiliki potensi besar dalam mengadopsi teknologi yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, seperti penggunaan biodigester untuk pengelolaan limbah atau penerapan praktik pengelolaan yang lebih efisien.

Tingkat produktivitas yang tinggi dalam kelompok umur ini memungkinkan mereka untuk lebih efektif dalam memantau dan mengelola limbah ternak, yang merupakan sumber utama emisi metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O) (Donget *al.*, 2006). Dengan pengetahuan dan keterampilan yang memadai, mereka dapat menerapkan praktik yang dapat mengurangi emisi GRK dari peternakan.

Sebagian responden berada dalam kelompok umur di atas 65 tahun, menunjukkan adanya partisipasi peternak senior dalam kegiatan peternakan. Kelompok ini memiliki pengalaman panjang dalam mengelola ternak, yang dapat menjadi sumber pengetahuan berharga bagi generasi yang lebih muda. Namun, penelitian juga menunjukkan bahwa kemampuan fisik dan adaptasi terhadap teknologi baru mungkin lebih rendah pada kelompok umur ini (Darnhofer *et al.*, 2010).

Meskipun memiliki pengalaman yang kaya, keterbatasan fisik yang dialami oleh kelompok umur ini dapat mempengaruhi kemampuan mereka untuk melakukan tugas fisik yang berat dalam pengelolaan ternak dan limbah. Oleh karena itu, dukungan teknologi dan tenaga kerja tambahan dapat diperlukan untuk mengoptimalkan kontribusi mereka dalam pengelolaan peternakan.

Ketidakhadiran responden dalam kelompok umur 0-14 tahun menunjukkan bahwa anak-anak tidak terlibat dalam kegiatan peternakan. Ini mungkin karena fokus pada pendidikan formal, yang penting untuk perkembangan jangka panjang mereka. Kebijakan yang melarang keterlibatan anak dalam pekerjaan berat juga bisa menjadi faktor, sesuai dengan regulasi ketenagakerjaan dan hak anak (ILO, 2013).

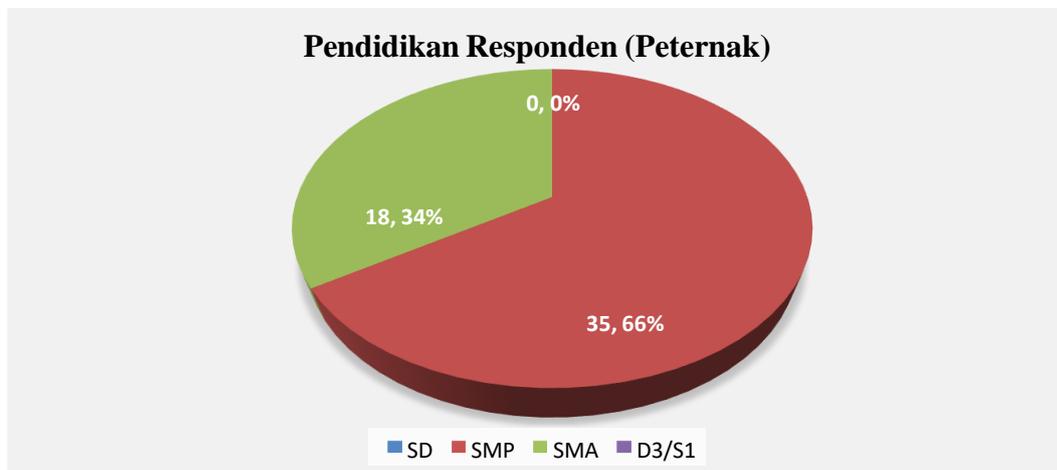
Kelompok umur produktif yang mendominasi berpotensi besar dalam mengurangi emisi gas rumah kaca melalui praktik pengelolaan yang efisien dan penerapan teknologi. Dengan

memberikan pelatihan dan pendidikan berkelanjutan kepada kelompok ini, peternakan dapat lebih efektif dalam mengelola limbah dan mengurangi emisi metana dan dinitrogen oksida.

Kelompok umur produktif cenderung lebih cepat dalam mengadopsi teknologi baru seperti biogas dan sistem kompos, yang dapat secara signifikan mengurangi emisi metana dari limbah ternak (Gerber *et al.*, 2013). Kelompok umuryang lebih tua dapat berbagi pengetahuan tradisional yang mungkin relevan dan efektif dalam konteks lokal. Kombinasi pengetahuan tradisional dan teknologi modern dapat menghasilkan strategi pengelolaan limbah yang lebih efisien.

Pendidikan Responden

Faktor lain yang juga berpengaruh terhadap aktivitas peternakan sapi potong adalah tingkat pendidikan. Menurut Mantra (2004), tingkat pendidikan seseorang akan mempengaruhi kreativitas dan kemampuan seseorang dalam menerima atau mengadopsi inovasi. Tingkat pendidikan pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sebaran Tingkat pendidikan responden peternak sapi potong di Kecamatan Paseh
Sumber: Data Primer diolah (2024)

Gambar 4. menunjukkan tingkat pendidikan peternak dikelompokkan menjadi empat kategori: Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), Sekolah Menengah Atas (SMA), dan Diploma/Sarjana (D3/S1).

Secara keseluruhan, tidak ada responden yang hanya memiliki pendidikan SD atau yang melanjutkan ke pendidikan tinggi (D3/S1). Sebanyak 66,04% responden memiliki tingkat pendidikan SMP, sementara 33,96% memiliki tingkat pendidikan SMA.

Mayoritas responden (66,04%) memiliki tingkat pendidikan SMP, menunjukkan bahwa sebagian besar peternak di Kecamatan Paseh memiliki pendidikan dasar menengah. Ini menunjukkan bahwa banyak peternak memiliki pengetahuan dasar yang memungkinkan mereka untuk berfungsi efektif dalam operasi sehari-hari peternakan, meskipun mereka mungkin terbatas dalam penerimaan informasi teknis yang lebih kompleks.

Responden dengan pendidikan SMP mungkin memiliki keterbatasan dalam memahami konsep-konsep teknis atau ilmiah yang lebih kompleks yang penting dalam mengelola emisi gas rumah kaca. Namun, dengan pelatihan yang tepat dan materi yang disesuaikan dengan tingkat pendidikan mereka, kemampuan mereka untuk mengadopsi praktik pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan dapat ditingkatkan (Nguyen *et al.*, 2015).

Sebanyak 33,96% responden memiliki pendidikan SMA. Ini menunjukkan bahwa ada sebagian peternak yang memiliki tingkat pendidikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan

pendidikan SMP. Mereka kemungkinan memiliki kemampuan yang lebih baik untuk memahami informasi yang lebih kompleks dan dapat berfungsi sebagai agen perubahan dalam masyarakat peternak.

Peternak dengan pendidikan SMA dapat berfungsi sebagai pemimpin atau penggerak dalam kelompok peternak untuk mengadopsi teknologi baru dan metode pengelolaan yang lebih efisien. Mereka mungkin lebih mudah menerima dan menerapkan praktik yang direkomendasikan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, seperti penggunaan teknologi biogas dan pengelolaan limbah yang lebih baik (Gebremariam *et al.*, 2020).

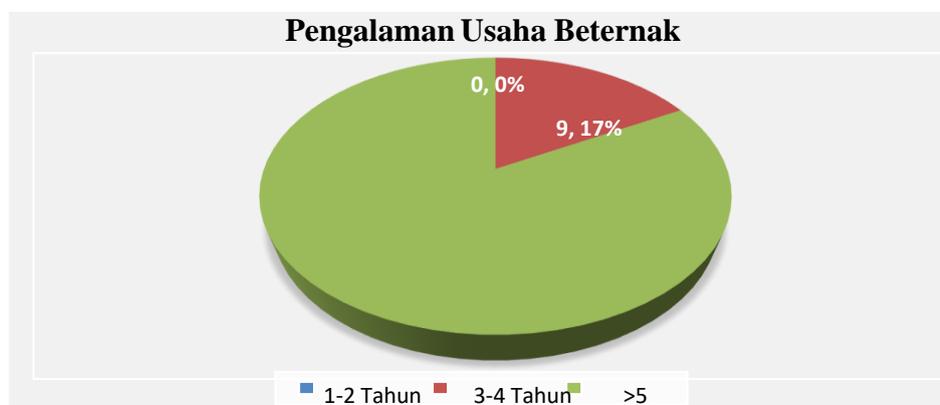
Ketidakhadiran responden dengan pendidikan hanya sampai SD menunjukkan bahwa akses pendidikan dasar telah cukup baik, dan bahwa mereka yang terlibat dalam peternakan setidaknya menyelesaikan pendidikan menengah pertama. Namun, tidak adanya peternak dengan pendidikan D3/S1 menunjukkan bahwa melanjutkan ke pendidikan tinggi bukanlah tren umum di antara peternak di daerah ini. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, seperti keterbatasan akses pendidikan tinggi, kurangnya minat, atau prioritas ekonomi yang lebih mendesak.

Tingkat pendidikan mempengaruhi bagaimana peternak memahami dan mengadopsi praktik pengelolaan peternakan yang ramah lingkungan. Responden dengan pendidikan yang lebih tinggi mungkin lebih terbuka terhadap inovasi teknologi dan metode manajemen yang efektif, seperti penggunaan sistem biogas untuk mengolah limbah ternak yang dapat mengurangi emisi metana (Wright *et al.*, 2010). Peningkatan Kesadaran dan Pendidikan: Peternak dengan pendidikan yang lebih rendah mungkin memerlukan dukungan tambahan melalui program pelatihan dan pendidikan yang berfokus pada pentingnya pengelolaan limbah dan metode mitigasi emisi gas rumah kaca.

Peternak dengan pendidikan SMA dapat dilibatkan sebagai agen perubahan dalam komunitas mereka. Mereka dapat dilatih dan didorong untuk berbagi pengetahuan dengan peternak lain, sehingga menyebarkan praktik-praktik pengelolaan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Pengalaman Usaha Beternak Responden

Pengalaman usaha merupakan waktu seseorang dalam menempuh pekerjaan atau usaha sebelumnya. Pengalaman usaha merupakan salah satu penentu dalam keberhasilan kegiatan beternak sapi potong di Kecamatan Paseh. Sebaran pengalaman usaha atau pengalaman beternak responden peternak sapi potong di Kecamatan Paseh dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sebaran pengalaman usaha responden peternak di Kecamatan Paseh. Sumber: Data Primer diolah (2023)

Pengalaman usaha responden yang diperoleh dari penelitian, terdapat variasi dalam lama usaha peternakan sapi potong di Kecamatan Paseh, Kabupaten Sumedang. Data tersebut menunjukkan bahwa tidak ada peternak yang memiliki pengalaman usaha 1-2 tahun, sementara 16,98% peternak memiliki pengalaman usaha 3-4 tahun, dan mayoritas, yaitu 83,02%, memiliki pengalaman usaha lebih dari 5 tahun. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar peternak di wilayah tersebut memiliki pengalaman yang cukup panjang dalam menjalankan usaha peternakan sapi potong.

Mayoritas peternak di Kecamatan Paseh memiliki pengalaman usaha lebih dari 5 tahun. Hal ini mengindikasikan adanya keberlanjutan dan stabilitas dalam usaha peternakan sapi potong di wilayah ini. Pengalaman yang lebih panjang cenderung terkait dengan peningkatan pengetahuan dan keterampilan dalam mengelola peternakan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas usaha (Gillespie *et al.*, 2016). Selain itu, peternak dengan pengalaman lebih lama biasanya lebih terampil dalam menangani tantangan operasional dan lingkungan, termasuk pengelolaan limbah ternak secara efektif.

Sebanyak 16,98% peternak memiliki pengalaman usaha antara 3-4 tahun. Kelompok ini mungkin masih dalam fase belajar dan penyesuaian, baik dari segi manajemen usaha maupun pengelolaan limbah. Meski begitu, mereka sudah memiliki dasar yang cukup untuk memahami aspek penting dalam peternakan, termasuk potensi dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan oleh limbah ternak (Luning & Marcelis, 2009).

Tidak adanya peternak dengan pengalaman usaha 1-2 tahun bisa mencerminkan beberapa hal. Pertama, mungkin ada hambatan tertentu yang menyebabkan kurangnya minat untuk memulai usaha peternakan sapi potong dalam jangka pendek, seperti keterbatasan modal, pengetahuan awal yang rendah, atau

tantangan pasar. Kedua, hal ini bisa menunjukkan bahwa peternak baru lebih banyak yang bergabung dengan peternakan yang sudah mapan atau memilih untuk beralih ke usaha lain jika tidak segera melihat keuntungan yang signifikan (Morgan *et al.*, 2009).

Tanggungjawab Keluarga Responden

Menurut Nahrianti (2008), jumlah anggota keluarga petani/peternak akan berpengaruh bagi petani/peternak dalam perencanaan dan pengambilan keputusan petani dalam hal usahatani, karena anggota keluarga petani/peternak merupakan sumber tenaga kerja dalam kegiatan usahatani terutama anggota keluarga yang produktif. Sebaran jumlah tanggungan keluarga peternak sapi potong di Kecamatan Paseh dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sebaran jumlah tanggungan keluarga responden peternak sapi potong di Kecamatan Paseh
 Sumber: Data Primer diolah (2023)

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 5) menunjukkan bahwa secara total, ada 53 responden dengan jumlah tanggungan antara 1-4 orang, yang mencakup 100% dari total responden. Tidak ada responden yang memiliki jumlah tanggungan antara 5-8 orang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh responden memiliki jumlah tanggungan yang relatif kecil, yaitu antara 1 hingga 4 orang. Ini menunjukkan bahwa mayoritas peternak sapi potong di Kecamatan Paseh cenderung memiliki keluarga dengan ukuran yang lebih kecil. Jumlah tanggungan yang lebih kecil memungkinkan peternak untuk lebih fokus pada aktivitas produktif, seperti pemeliharaan sapi dan pengelolaan lahan, dibandingkan dengan memenuhi kebutuhan hidup keluarga yang besar. Hal ini bisa berkontribusi pada efektivitas dalam pengelolaan peternakan dan potensi untuk meningkatkan produktivitas (Moser & Barrett, 2006).

Jumlah tanggungan yang lebih sedikit, beban ekonomi untuk memenuhi kebutuhan dasar seperti makanan, pendidikan, dan kesehatan menjadi lebih ringan. Ini bisa berarti bahwa peternak memiliki lebih banyak sisa pendapatan yang bisa diinvestasikan kembali ke dalam usaha peternakan, seperti membeli pakan berkualitas atau memperbaiki fasilitas kandang.

Tidak adanya responden dengan jumlah tanggungan keluarga 5-8 orang menunjukkan tren keluarga kecil di antara komunitas peternak di Kecamatan Paseh. Beberapa faktor yang mungkin mempengaruhi fenomena ini meliputi:

- Kebijakan Keluarga Berencana: Efektivitas program keluarga berencana di tingkat lokal mungkin menjadi salah satu alasan mengapa jumlah tanggungan keluarga tetap rendah. Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi tingkat kelahiran dan mengendalikan pertumbuhan penduduk, yang secara tidak langsung juga berdampak pada ukuran keluarga peternak (Bongaarts, 2016).
- Keterbatasan Sumber Daya: Peternak mungkin memilih untuk memiliki keluarga yang lebih kecil agar dapat mengelola sumber daya rumah tanggungan peternakan dengan lebih efisien. Dengan tanggungan yang lebih sedikit, mereka bisa lebih fokus pada usaha peternakan dan meningkatkan kualitas hidup keluarga mereka.

Implikasi Jumlah Tanggungan terhadap Pengelolaan Peternakan dan Emisi Gas Rumah Kaca

Jumlah tanggungan keluarga dapat memengaruhi bagaimana peternak mengelola usaha peternakan mereka. Dengan tanggungan yang lebih sedikit, peternak mungkin memiliki lebih banyak waktu dan energi untuk fokus pada praktik pengelolaan peternakan yang baik, termasuk pengelolaan limbah yang dapat memengaruhi emisi gas rumah kaca. Dalam konteks ini, Peternak dengan jumlah tanggungan yang lebih sedikit mungkin lebih mampu mengalokasikan waktu dan sumber daya untuk mengadopsi praktik ramah lingkungan, seperti pemanfaatan biogas dari limbah ternak dan pengomposan kotoran sapi. Praktik-praktik ini dapat membantu mengurangi emisi metana dan dinitrogen oksida, dua gas rumah kaca utama yang dihasilkan dari peternakan (Steinfeld *et al.*, 2006).

Peternak dengan tanggungan keluarga yang lebih sedikit mungkin lebih terbuka untuk mengikuti pelatihan dan program edukasi terkait pengelolaan limbah ternak yang ramah lingkungan. Ini karena mereka memiliki lebih sedikit tekanan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga yang besar dan dapat fokus pada pengembangan kapasitas dan peningkatan keterampilan mereka.

Emisi Gas Rumah Kaca Peternakan Sapi Potong di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang

Limbah peternakan sapi potong berupa feses merupakan salah satu sumber emisi gas rumah kaca (GRK) yang signifikan. Feses yang ketika tidak dikelola dengan baik, dapat

menghasilkan berbagai gas rumah kaca seperti metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O). Faktor emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh peternakan sapi potong di Kecamatan Paseh, disajikan pada Tabel 5 berikut.

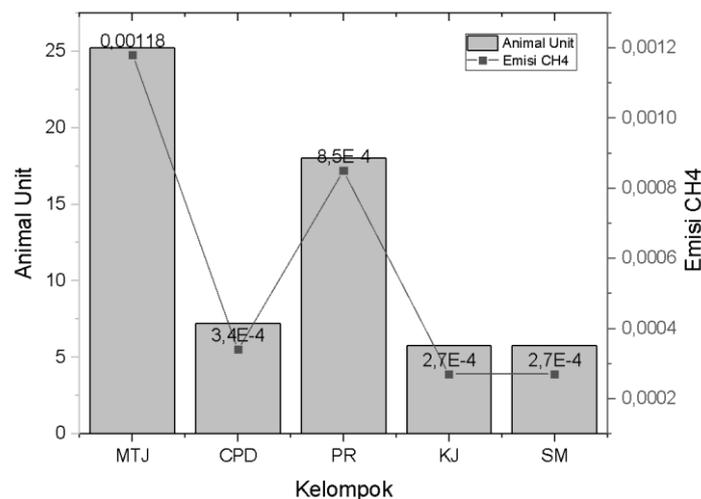
Tabel 5. Emisi Gas Rumah Kaca dari Peternakan Sapi potong di Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang

Desa	Nama Kelompok	Jumlah Populasi jenis/kategori ternak, animal unit (ekor)	Ani malUnit	Emisi gas metana(CH ₄) dari fermentasi enteric (gg CH ₄ /tahun)
Pasir Reungit	Mayang Tanjung Mekar	35	25,2	0,00118
Padanaan	Cipondoh	10	7,20	0,00034
	Pasir Randu	25	18,0	0,00085
Bongkok	Kondang Jaya	8	5,76	0,00027
	Salak Mukti	8	5,76	0,00027
Total		86	61,92	0,00291

Sumber: Data diolah (2024)

Berdasarkan hasil perhitungan (Tabel 5) estimasi emisi gas CH₄ menggunakan metode Tier-1 emisi (IPCC, 2006), menunjukkan bahwa emisi gas CH₄ dari fermentasi enterik ternak sapi potong di Kecamatan Paseh dengan jumlah populasi sapi potong 86 ekor setara dengan 61,93 AU berkontribusi sebesar 0,00291 Gg CH₄/tahun atau setara 2,91 ton CH₄/tahun.

Grafik tingkat emisi gas metana dari fermentasi enteric ternak sapi potong di Kecamatan Paseh dapat dilihat pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Hubungan Populasi dengan emisi gas metana (CH₄)

Keterangan:

- MTJ = Mayang Tanjung Mekar
- CPD = Cipondoh
- PR = Pasir Randu
- KJ = Kondang Jaya
- SM = Salak Mukti

Hasil perhitungan (Gambar 6) memperlihatkan hubungan antara populasi sapi potong dan emisi metana yang dihasilkan oleh masing-masing kelompok ternak. Kelompok Mayang Tanjung Mekar memiliki populasi sapi potong sebanyak 35 ekor dalam jumlah animal unit 25,2. Emisi metana yang dihasilkan oleh kelompok ini adalah sebesar 0,00118 gigagram (Gg) CH₄ per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok dengan populasi ternak yang lebih besar cenderung menghasilkan emisi metana yang lebih tinggi. Kelompok Cipondoh memiliki populasi sapi potong sebanyak 10 ekor atau 7,2 AU. Emisi metana yang dihasilkan oleh kelompok ini adalah sebesar 0,00034 gg CH₄ per tahun. Meskipun populasi ternaknya lebih kecil dibandingkan dengan kelompok lain, emisi metana yang dihasilkan tetap signifikan.

Kelompok Pasir Randu memiliki populasi sapi potong sebanyak 25 ekor atau 18 AU, menghasilkan emisi metana sebesar 0,00085 gg CH₄ per tahun. Emisi metana yang dihasilkan oleh kelompok ini menunjukkan hubungan yang linear dengan jumlah populasi ternak. Kelompok Kondang Jaya dan kelompok Salak Mukti memiliki populasi sapi potong sebanyak 8 ekor atau 5,76 AU menghasilkan emisi metana sebesar 0,00027 gg CH₄ per tahun. Data ini menunjukkan bahwa kelompok dengan populasi ternak yang sama cenderung menghasilkan emisi metana yang sama.

Fermentasi enterik merupakan proses biologis dalam sistem pencernaan ruminansia seperti sapi potong yang menghasilkan metana sebagai produk sampingan (Videv *et al.*, 2024). Proses ini terjadi di dalam rumen, mikroorganismemencerna serat dari pakan, menghasilkan metana yang kemudian dikeluarkan melalui sendawa (Villegas *et al.*, 2013). Emisi metana dari fermentasi enterik merupakan salah satu sumber utama emisi gas rumah kaca di sektor peternakan (Smith *et al.*, 2022).

Fermentasi enterik terjadi di dalam rumen sapi potong di mana mikroorganism anaerobik memecah bahan organik kompleks seperti selulosa dan hemiselulosa menjadi asam lemak volatil, CO₂, dan CH₄. Metana yang dihasilkan selama proses ini dilepaskan ke atmosfer melalui sendawa (Moss *et al.*, 2000). Faktor yang mempengaruhi produksi metana diduga dari jenis dan komposisi pakan, pakan yang tinggi serat kasar cenderung menghasilkan lebih banyak metana dibandingkan dengan pakan yang mudah dicerna (Beauchemin, *et al.*, 2008).

Faktor populasi menjadi faktor yang ikut mempengaruhi emisi gas metana. Populasi ternak yang lebih banyak akan menghasilkan lebih banyak metana secara kumulatif serta manajemen pakan dan kesehatan ternak juga mempengaruhi produksi metana (Knapp, *et al.*, 2014).

Dari perhitungan ini, emisi metana per ekor sapi di semua kelompok terletak di bawah angka referensi IPCC, yang menunjukkan bahwa emisi metana dari fermentasi enterik di Kecamatan Paseh relatif normal dan tidak melebihi ambang batas wajar yang ditetapkan secara global.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Emisi Metana

a. Kualitas dan Kuantitas Pakan

Emisi metana dari fermentasi enterik sangat bergantung pada jenis dan kualitas pakan yang diberikan. Pakan dengan serat tinggi cenderung meningkatkan produksi metana karena proses fermentasi yang lebih intensif dalam rumen. Jika

peternak di Kecamatan Paseh memberikan pakan dengan kualitas yang baik dan seimbang, Sebagian peternak sangat memperhatikan asupan pakan bagi ternaknya, hal ini terlihat pada saat observasi dilakukan banyak peternak yang sudah melakukan pemberian pakan dengan menggunakan teknik silasi, artinya peternak mulai memahami potensi pemanfaatan pakan hijauan disaat melimpah dengan menyimpan pakan tersebut pada silo, sehingga pada saat stok persediaan pakan berkurang, para peternak memberikan pakan fermentasi tersebut kepada ternaknya. hal ini bisa menjadi alasan emisi metana yang berada di ambang batas wajar.

b. Praktik Pemeliharaan

Sistem pemeliharaan intensif atau semi-intensif yang diterapkan oleh peternak di Kecamatan Paseh mungkin juga berkontribusi pada pengurangan emisi metana. Sistem ini memungkinkan kontrol lebih baik atas pakan dan manajemen hewan, yang dapat mengurangi produksi metana dibandingkan dengan sistem ekstensif.

c. Ukuran Populasi Ternak

Ukuran populasi yang moderat di setiap kelompok peternak memungkinkan manajemen yang lebih efektif. Jumlah ternak yang lebih besar sering kali diikuti dengan peningkatan emisi metana, tetapi dengan manajemen yang baik, hal ini bisa diminimalkan.

Hubungan Populasi Sapi Potong terhadap Emisi Metana

Data dari lima kelompok ternak di Kecamatan Paseh menunjukkan bahwa populasi ternak yang lebih besar menghasilkan emisi metana yang lebih tinggi. Kelompok Mayang Tanjung Mekar dengan 35 ekor sapi menghasilkan 0,00118 ggCH₄ per tahun, sedangkan Kelompok Cipondoh dengan 10 ekor sapi menghasilkan 0,00034 gg CH₄ per tahun. Emisi metana dari fermentasi enterik memiliki hubungan linear dengan jumlah populasi ternak. Semakin besar populasi sapi potong, semakin tinggi emisi metana yang dihasilkan (IPCC, 2006). Hal ini karena setiap individu sapi menghasilkan sejumlah metana yang relatif konstan, sehingga penambahan jumlah ternak akan meningkatkan total emisi. Emisi metana dapat diprediksi menggunakan model IPCC Tier 1, yang mengestimasi emisi berdasarkan faktor emisi standar per ekor (Dong, *et al.*, 2006).

Populasi yang lebih besar cenderung menghasilkan lebih banyak gas rumah kaca, terutama metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O), karena peningkatan jumlah ternak berhubungan langsung dengan peningkatan produksi gas dari proses pencernaan dan pengelolaan limbah (Moss *et al.*, 2000). Penelitian Smith *et al.* (2007) juga menunjukkan bahwa populasi ternak yang lebih besar berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca yang lebih tinggi jika tidak diimbangi dengan teknologi pengelolaan limbah yang efisien.

Implikasi dan Strategi Pengelolaan Emisi

Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat beberapa strategi pengelolaan emisi metana yang dapat diterapkan untuk mengurangi dampak lingkungan dari peternakan sapi potong, hal ini penting dilakukan untuk menguraikan implikasi dari temuan ini serta merumuskan strategi pengelolaan yang efektif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor peternakan.

Strategi pengelolaan emisi metana dapat dilakukan melalui peningkatan kualitas dan manajemen pakan. Penggunaan ransum pakan yang seimbang dengan kualitas yang baik dapat mengurangi emisi metana. Penambahan aditif seperti minyak nabati, probiotik, atau ionofor dalam pakan dapat mengurangi produksi metana selama proses fermentasi enterik (Hristov, *et al.*, 2013).

Penggunaan pakan fermentasi. Penerapan teknik fermentasi pakan, seperti silase, dapat meningkatkan efisiensi pakan dan mengurangi produksi metana. Silase menyediakan sumber energi yang lebih stabil bagi ternak dan mengurangi produksi metana dari proses pencernaan (Nugroho, *et al.*, 2017).

Penerapan teknologi pengelolaan limbah. Implementasi biodigester dapat mengolah limbah kotoran ternak menjadi biogas yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Teknologi ini tidak hanya mengurangi emisi metana tetapi juga memberikan manfaat ekonomi tambahan bagi peternak (Bond & Templeton, 2011).

Pengolahan limbah kotoran ternak menjadi kompos dapat mengurangi emisi gas rumah kaca. Kompos juga dapat digunakan sebagai pupuk organik yang meningkatkan kesuburan tanah (Gerber, *et al.*, 2013).

Pelatihan dan penyuluhan untuk peternak. Memberikan pelatihan dan penyuluhan berkelanjutan kepada peternak mengenai praktik manajemen ternak yang ramah lingkungan. Pelatihan ini harus mencakup teknik pengelolaan pakan, manajemen limbah, dan penerapan teknologi baru (Mulyadi, *et al.*, 2020). Dukungan dari pemerintah dan lembaga swadaya masyarakat sangat penting untuk keberhasilan program pelatihan. Bantuan finansial dan teknis untuk pengadopsian teknologi ramah lingkungan juga sangat diperlukan (Nugroho, *et al.*, 2017).

Pengembangan Infrastruktur dan Akses terhadap Teknologi. Meningkatkan akses peternak terhadap teknologi pengelolaan limbah seperti biodigester dan fasilitas pengolahan kompos. Infrastruktur yang memadai akan membantu peternak mengadopsi praktik yang lebih ramah lingkungan (Gerber, *et al.*, 2013).

Penyediaan Sarana dan Prasarana. Penyediaan sarana dan prasarana yang memadai untuk mendukung praktik manajemen pakan dan limbah yang lebih baik. Ini termasuk penyediaan silo untuk penyimpanan silase dan fasilitas untuk pengolahan limbah ternak (Mulyadi, *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang dilakukan pada penelitian, maka dapat diambil Kesimpulan sebagai berikut:

1. Emisi gas metana (CH₄) dari fermentasi enterik pada peternakan sapi potong di Kecamatan Paseh berkisar antara 0,00027 hingga 0,00118 Gg CH₄ per tahun per kelompok, dengan total emisi sebesar 0,00291 Gg CH₄ per tahun. Angka ini masih berada dalam ambang batas wajar menurut pedoman IPCC (2006), yang menunjukkan bahwa manajemen pakan dan pemeliharaan sapi di wilayah ini sudah cukup baik dalam mengontrol emisi gas rumah kaca.
2. Manajemen pemeliharaan sapi potong meliputi pemeliharaan intensif dan semi-intensif yang diterapkan, serta pemberian pakan yang berkualitas, menjadi faktor kunci dalam mempertahankan emisi gas rumah kaca dalam batas yang wajar.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa dalam proses publikasi artikel ini Oki Imanudin sebagai Section Editor dan Dini Widianingrum sebagai Chief Editor keduanya tidak ada konflik kepentingan pada jurnal ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah turut membantu selama proses penelitian sampai menjadi artikel ilmiah ini, khususnya kepada Dekan dan sivitas akademika Fakultas Pertanian Universitas Majalengka, keluarga tercinta, dan tim sukses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad El Zein, N. C. 2015. *The Effect of Greenhouse Gases on Earth's Temperature*. International Journal of Environmental Monitoring and Analysis, 3(2), 74-79. doi:10.11648/j.ijema.20150302.16.
- Amlius Thalib. 2011. *Perkembangan Teknologi Peternakan Terkait Perubahan Iklim: Teknologi Mitigasi Gas Metan Enterik Pada Ternak Ruminansia*. Badan Penelitian Ternak. Diakses 21 Februari, 2024.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Kabupaten Sumedang dalam Angka 2023*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumedang. Diakses pada tanggal 8 Mei 2024. <https://jabar.bps.go.id/indicator/158/255/1/populasi-hewan-ternak-.html>.

- Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O'Mara, F., & McAllister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(2), 21-27
- Darnhofer, I., Gibbon, D., & Dedieu, B. (2010). *Farming Systems Research: An approach to inquiry*. Springer Science & Business Media.
- Dong, H., Mangino, J., McAllister, T. A., Hatfield, J. L., Johnson, D. E., Lassey, K.R., de Lima, M. A., & Romanovskaya, A. (2006). Emissions from livestock and manure management. In *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- Gebremariam, B., Tegegne, F., & Singh, K. (2020). Adoption of improved agricultural practices and environmental sustainability in sub-Saharan Africa: Evidence from rural Ethiopia. *Environmental Science & Policy*, 114, 74-83.
- Gerber, P. J., Hristov, A. N., Henderson, B., Makkar, H. P. S., Oh, J., Lee, C., ... & Oosting, S. (2013). Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal*, 7(s2), 220- 234.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Hagemann, M., A. Ndambi, T. Hemme, U. Latacz-Lohmann. (2012). Contribution of milk production to global greenhouse gas emissions: An estimation based on typical farms. *Environ Sci Pollut Res*. 2012. 19:390– 402.
- Haryanto, B., *et al.* (2020). Pengaruh Iklim terhadap Produktivitas Sapi Potong. *Jurnal Ilmu Peternakan*.
- Hegarty, R. S. (1999). Mechanism for competitively reducing ruminal methanogenesis. *Aus. J. of Agric. Res.* 50: 1299-1305.
- Hidayat, T., *et al.* (2021). Pengelolaan Ternak di Wilayah Perbukitan. *Jurnal Peternakan Indonesia*.
- Hristov, A. N., *et al.* (2013). Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*, 91(11), 5045-5069.
- ILO. (2013). *Marking progress against child labour: Global estimates and trends 2000-2012*. International Labour Organization.
- IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 -Energy*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. And Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan
- Juliana. 2016. *Analisis Pengetahuan Lingkungan dan Perilaku Ramah Lingkungan Berdasarkan Gender dan Tingkat Pendidikan di kota Pekanbaru*. 15(2).
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca nasional*. Buku II Volume 3. Kementrian Lingkungan Hidup Press, Jakarta
- Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3231-3261
- 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. <https://doi.org/10.20961/lar.v19i3.50420>
- Mantra, I.B. 2004. *Demografi Umum*. Penerbit Pustaka Pelajar: Yogyakarta.
- 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. *J Anim. Sci.* 2008, 86:2642-2650
- Monteny, G., A. Bannink, D. Chadwick. (2006). Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agric. Eco. And ev.* 112 (2-3):163-70
- Moss A.R., Jouany J.P., dan Newbold J. 2000. *Methane Production by Ruminants: its Contribution to Global Warming.* *Ann. Zootech.* 49 231- 253.
- Nguyen, T. T., Do, T. L., Bühler, D., Hartje, R., & König, H. J. (2015). Rural livelihoods and environmental resource dependence in Cambodia. *Ecological Economics*, 120, 282-295.
- Nugroho, S. P., (2017). Educational background and its impact on livestock management practices: A case study. *Journal of Rural Development*, 36(2),45-58.
- Nurhayati IS dan Widiawati Y. 2017. *Emisi Gas Rumah Kaca dari Peternakan di Pulau Jawa yang Dihitung dengan Metode Tier-1 IPCC.* Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner-p.292-300.
- Rahayu, S., & Suryadi, M. (2022). Adopsi Teknologi di Sektor Peternakan. *Jurnal Inovasi Pertanian*
- Samiaji, Toni. 2009. *Upaya Mengurangi CO₂ di Atmosfer.* *Berita Dirgantara (Peneliti Pusat Iklim, LAPAN)* 10 (3): 92-95. Diakses 12 Mei 2024
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., & Sirotenko, O. (2007). Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 6-28.
- Sutardi, M., & Hermanto, R. (2019). Pakan Ternak dan Produktivitas Sapi Potong. *Jurnal Nutrisi Ternak.*
- Thalib, A., Situmorang, P., Mathius, I. W., Widiawati, Y., Puastuti, W. 2011. The utilization of the complete rumen modifier on dairy cows. *JITAA.* 36: 137- 142. doi:10.14710/jitaa.36.2.137-14
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2006. *Greenhouse Gas Inventory Data.* Bonn (Germany). unfccc.int/2860.php
- Wright, I. A., Tarawali, S. A., Blümmel, M., Gerard, B., Teufel, N., & Herrero, M.(2010). Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34(1), 79-103.