

EVALUASI POTENSI EMISI GAS RUMAH KACA DI PETERNAKAN SAPI PERAH KECAMATAN PUJON KABUPATEN MALANG

Minan Nur Rochman,¹Nurul Humaidah,² Sunaryo,²

¹Program S1 Peternakan,

²Dosen Peternakan Universitas Islam Malang

Email : 21701041002@unisma.ac.id

ABSTRAK

Gas rumah kaca (GRK) adalah sejumlah gas yang mengakibatkan efek rumah kaca yang terdapat di atmosfer bumi. Ternak ruminansia, yaitu sapi perah berpotensi menimbulkan emisi gas rumah kaca seperti gas metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O) dari fermentasi enterik dan kotoran ternak. Kecamatan Pujon adalah wilayah dengan populasi ternak sapi perah terbanyak di Jawa Timur. Tujuan dari penelitian yang dilakukan yakni guna mengevaluasi potensi emisi gas metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O) yang dihasilkan dari fermentasi enterik, pengelolaan kotoran ternak, dan upaya mitigasi di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang. Materi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data populasi peternakan sapi perah pada tahun 2019 sampai tahun 2021. Kemudian metode pada penelitian ini yakni studi kasus dengan menggunakan data jumlah populasi sapi perah di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang yang diambil dari Dinas Peternakan Kabupaten Malang. Variabel pengamatan yaitu total emisi gas metana (CH_4) dan gas dinitrogen oksida (N_2O) dihitung dengan menggunakan metode perhitungan Tier-1 IPCC 2006 ditabulasi kemudian dianalisa secara deskriptif kuantitatif. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil emisi gas metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O) berbanding lurus antara jumlah populasi ternak dengan total emisi gas yang dihasilkan. Jumlah populasi sapi perah di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang terus meningkat yaitu pada tahun 2019 sebesar 20.411 ekor, tahun 2020 sebesar 24.483 ekor, dan tahun 2021 sebesar 24.598 ekor. Total emisi gas metana (CH_4) dari fermentasi enterik tahun 2019 sampai 2021 berturut-turut adalah 21,477 GgCO₂-eq/tahun, 25,762 GgCO₂-eq/tahun dan 25,884 GgCO₂-eq/tahun. Nilai emisi gas metana (CH_4) dari pengelolaan kotoran ternak pada tahun 2019 sampai 2021 berturut-turut adalah 10,915 GgCO₂-eq/tahun, 13,092 GgCO₂-eq/tahun dan 13,154 GgCO₂-eq/tahun. Emisi dinitrogen oksida (N_2O) secara langsung pada tahun 2019-2021 berturut-turut adalah 0 Gg CO₂-eq/tahun. Emisi dinitrogen oksida tidak langsung pada tahun 2019-2021 berturut-turut adalah 0,217 Gg CO₂-eq/tahun, 0,261 Gg CO₂-eq/tahun, dan 0,262 Gg CO₂-eq/tahun dari pengelolaan kotoran ternak. Penelitian ini menyimpulkan bahwa total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari sektor peternakan sapi perah di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang yang terus meningkat setiap tahunnya sehingga dapat berpengaruh pada iklim dan berdampak buruk bagi lingkungan secara langsung maupun tidak langsung.

Kata Kunci :emisi, grk,pujon,metana, dinitrogen oksida, sapi perah.

EVALUATION OF POTENTIAL GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN DAIRY COWS IN PUJON DISTRICT MALANG REGENCY

ABSTRACT

Greenhouse gases (GHG) are a number of gases that cause a greenhouse effect in the earth's atmosphere. Ruminant livestock, namely dairy cows have the potential to produce greenhouse gas emissions such as methane gas (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) through enteric fermentation and manure. Pujon District is the area with the largest dairy cattle population in East Java. The purpose of this study was to determine the development of total emissions of methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) resulting from enteric fermentation and livestock manure management and to find out the mitigation measures that occurred in Pujon District, Malang Regency. The material used in this study is data on the population of dairy farms from 2019 to 2021. The research method is a case study using data on the population of dairy cattle in Pujon District, Malang Regency which was sourced from the Malang Regency Animal Husbandry Service. The observed variables, namely total methane gas (CH_4) and nitrous oxide gas (N_2O) resulting from enteric fermentation and livestock manure were calculated using the

Tier-1 IPCC 2006 calculation method, tabulated and then analyzed descriptively quantitatively. The results showed that the emissions of methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) had a relationship between the number of livestock populations and the value of greenhouse gas emissions produced. Pujon District, Malang Regency has a continuously increasing number of livestock, namely in 2019 there were 20,411 heads, in 2020 there were 24,483 heads, and in 2021 there were 24,598 heads. The total value of methane gas (CH₄) emissions from enteric fermentation in 2019-2021 was 21.477 Gg CO₂-eq/year, 25.762 Gg CO₂-eq/year and 25.884 Gg CO₂-eq/year respectively. The value of methane gas (CH₄) emissions from livestock manure management in 2019-2021 is 10.915 Gg CO₂-eq/year, 13.092 Gg CO₂-eq/year and 13.154 Gg CO₂-eq/year respectively. Direct nitrous oxide (N₂O) emissions in 2019-2021 are 0 Gg CO₂-eq/year respectively. Indirect nitrous oxide emissions in 2019-2021 were 0.217 Gg CO₂-eq/year, 0.261 Gg CO₂-eq/year, and 0.262 Gg CO₂-eq/year respectively from livestock manure management. The conclusion of the research is that total greenhouse gas emissions resulting from the dairy farming sector in Pujon District, Malang Regency, which continues to increase every year and are classified as very high, can affect the climate and have a negative impact on the environment directly or indirectly.

Keywords: emissions, grk, pujon, methane, nitrous oxide, dairy cows.

PENDAHULUAN

Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas yang mengakibatkan efek rumah kaca yang ada dalam atmosfer bumi dan berfungsi menangkap energi panas dari dalamnya serta layaknya kaca yang berfungsi meneruskan cahaya matahari. Para ahli menggunakan istilah gas rumah kaca untuk menggambarkan bagaimana atmosfer bumi berfungsi. Menurut Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) mengenai Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, atau *UNFCCC*), mengklasifikasikan gas sebagai GRK yaitu ada enam jenis gas: CH₄ (metana), CO₂ (karbon dioksida), HFC (hidro fluoro karbon), N₂O (dinitrogen oksida), SF₆ (sulfur heksa florida) dan PFC (per fluoro karbon) (Samiaji, 2009). Karena atmosfer bumi menghangatkan permukaan bumi dan melewatkan cahaya matahari, sehingga makhluk hidup dapat tinggal di sana. GRK diproduksi dari segala sektor, seperti pertanian dan peternakan khususnya gas Nitrous Oxide (N₂O) dan metana (CH₄).

Gas Rumah kaca secara umum yang diemisikan oleh industri peternakan terutama ternak ruminansia ada dua proses seperti emisi CH₄ yang dihasilkan dari proses dekomposisi feses ruminansia dan non-ruminansia, dan CH₄ enterik

dari hasil proses pencernaan. Kemudian limbah feses yang ditumpuk termasuk pengelolaan kotoran, dan feses yang disebar di lahan merupakan sumber emisi, hanya proses dekomposisi ini yang menghasilkan N₂O (Nurhayati et al., 2017). Dalam segi peternakan Kecamatan Pujon merupakan daerah yang sangat potensial untuk mengasalkan emisi gas karena terdapat jumlah populasi ternak yang tinggi.

Kecamatan Pujon adalah daerah dengan populasi sapi perah tertinggi di Indonesia khususnya Jawa Timur. Menurut data dari Dinas Peternakan Kabupaten Malang (2022), populasi sapi perah pada tahun 2020 sebanyak 24.483 ekor lalu tahun 2021 sebanyak 24.598 ekor. Dari tahun 2013 hingga 2019, populasi sapi perah rata-rata ada 21.755 ekor di Kecamatan Pujon, yang menghasilkan emisi metana rata-rata 23,13 Gg CO₂-eq/tahun. Emisi metana fermentasi enterik meningkat sebesar 3,6% mulai tahun 2013 sampai 2015, dengan titik tertinggi sebesar 25,36 Gg CO₂-eq/tahun dan titik terendah sebesar 21,48 Gg CO₂-eq/tahun. Mulai tahun 2013 hingga 2019, pengelolaan kotoran sapi perah di Kecamatan Pujon menghasilkan emisi metana rata-rata 11,75 g CO₂-eq per tahun.

Pada tahun 2020 sampai 2021 di Kecamatan Pujon belum dilaporkan data terkait emisi CH₄ dan N₂O sektor

peternakan sapi perah. 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. Ruminansia. Proporsi potensi tersebut akan terus meningkat seiring dengan peningkatan populasi. Data dari Koperasi di Kecamatan Pujon yaitu populasi sapi perah pada tahun 2020 sebanyak 23.505 dan pada tahun 2021 sebanyak 21.188 ekor

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung perkembangan total emisi yang mengakibatkan peningkatan pemanasan global seperti gas metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O) dari fermentasi enterik serta pengelolaan kotoran ternak. Kemudian mengidentifikasi metode untuk mengurangi yang terjadi di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang.

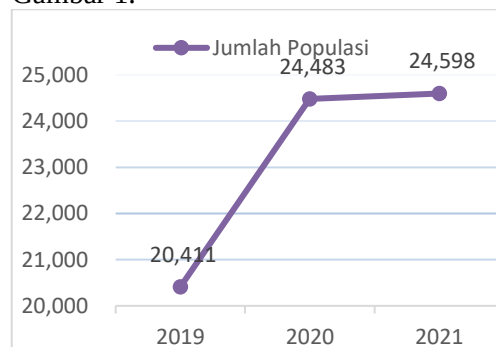
MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur pada bulan November 2022. Materi yang digunakan yaitu data populasi sapi perah peternakan masyarakat di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang tahun 2019 sampai 2021. Data diperoleh dari Dinas Peternakan Kabupaten Malang. Metode yang digunakan yaitu studi kasus dengan menggunakan data populasi ternak sapi perah yang ada di Kecamatan Pujon tahun 2019 sampai dengan tahun 2021. Data yang digunakan yakni merupakan data sekunder dari jurnal, literatur yang diambil di Kantor Dinas Peternakan Kabupaten Malang, Badan Pusat Statistik terkait emisi GRK dan jumlah populasi sapi perah di Kecamatan Pujon pada tahun 2019 hingga 2021.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi Sapi Perah di Kecamatan Pujon

Pada tahun 2019 hingga tahun 2021, populasi sapi perah di Kecamatan Pujon meningkat menurut data Dinas Peternakan Kabupaten Malang karena sebagian besar penduduk di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang bergantung pada peternakan sapi perah sebagai sumber pendapatan utama mereka. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), jumlah sapi perah paling banyak ditemukan di tiga wilayah Jawa: Jawa Timur, Jawa Barat, dan Jawa Tengah. Di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, memiliki populasi sapi perah terbesar, sebesar 10% dari 295.141 sapi perah di Jawa Timur pada tahun 2020. Perkembangan populasi sapi perah di Pujon dari tahun 2019 hingga tahun 2021 tertera pada Gambar 1.



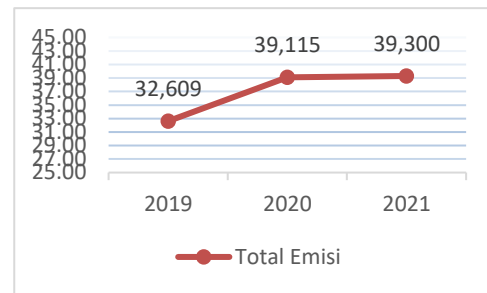
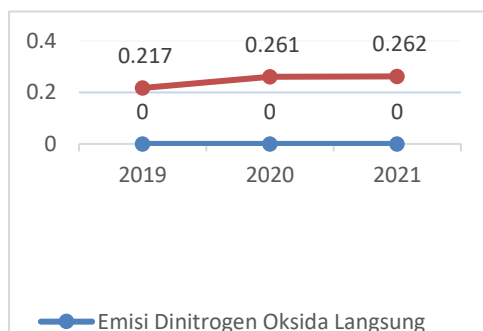
Gambar 1. Perkembangan populasi di Kecamatan Pujon tahun 2019 sampai tahun 2021. (Sumber : Dinas Peternakan Kabupaten Malang)

Dari Gambar 1. Dapat dilihat bahwa persentase perkembangan populasi dari tahun 2020 sampai tahun 2021 mengalami penurunan dibandingkan kenaikan populasi dari tahun 2019 sampai tahun 2020. Hal ini disebabkan karena pengurangan aktifitas masyarakat akibat penerapan PPKM yang lebih ketat. Kondisi populasi yang meningkat ini harus diperhatikan oleh

semua pihak yang terlibat. Dhia (2015) menemukan bahwa meskipun populasi sapi di Australia tujuh kali lipat dari Jepang, emisi nitrogen dari ternak di Jepang enam kali lebih tinggi daripada di Australia, mencerminkan perbedaan kualitas hijauan yang diberikan. Dengan demikian, jelas bahwa salah satu faktor utama yang mempengaruhi emisi adalah manajemen pemeliharaan. Efisiensi produktivitas merupakan cara untuk menurunkan emisi yang dihasilkan ternak serta memenuhi permintaan konsumen terhadap produk.

Hasil Emisi Metana (CH_4) dari Fermentasi Enterik dan Kotoran Ternak

Karena populasi meningkat cukup besar di Kecamatan Pujon, secara otomatis menghasilkan peningkatan pula pada emisi yang terjadi pada tahun 2019 – 2021. Di Jawa Timur emisi metana di Kecamatan Pujon adalah paling banyak karena hal ini berbanding lurus dengan jumlah populasi sapi perah. Pertumbuhan populasi pasti akan menguntungkan produksi susu dalam negeri akan tetapi peningkatan emisi tersebut tentu berdampak negatif terhadap lingkungan. Peningkatan emisi metana dari fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran pada di Kecamatan Pujon pada tahun 2019 hingga 2021 ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peningkatan emisi metana pada sapi perah di Kecamatan Pujon dari tahun 2019 sampai tahun 2021.

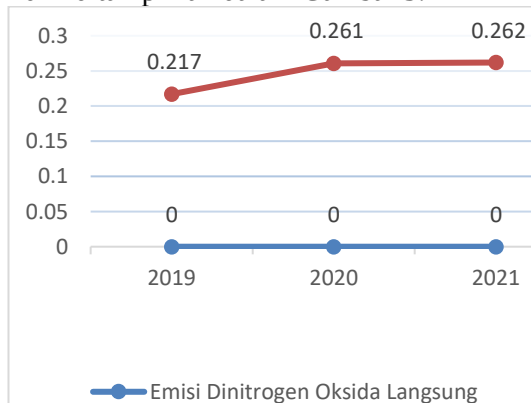
Berdasarkan pada Gambar 2, maka didapatkan perkembangan emisi metana dari tahun 2019 sampai tahun 2020 meningkat sebesar 4,285 GgCO₂-eq/tahun atau sebesar 19,95% dan pada tahun 2020 sampai tahun 2021 meningkat sebesar 0,122 GgCO₂-eq/tahun atau sebesar 0,47%. Besar emisi metana dari fermentasi enterik bisa dipengaruhi oleh manajemen pemberian pakan yang kurang efisien. Nilai persentase sumbangsih metana terhadap lingkungan ini paling besar dibandingkan sektor lain karena jumlah populasi sapi perah di Pujon terbanyak di Kabupaten Malang. Emisi metana yang dihasilkan pengelolaan kotoran di Kecamatan Pujon dari tahun 2019 sampai 2020 meningkat sebesar 2,178 Gg CO₂-eq/tahun dan pada tahun 2020 sampai 2021 meningkat 0,062 Gg CO₂-eq/tahun. Sedangkan emisi metana dari pengelolaan kotoran ternak meningkat dengan persentase yang sama dengan emisi metana dari fermentasi enterik selama periode 2019 sampai 2021.

Di Kecamatan Pujon menghasilkan emisi metana dari pengolahan kotoran lebih rendah daripada emisi fermentasi enterik. Di antara ternak ruminansia lainnya, sapi perah menyumbang jumlah CH₄ yang paling besar dari pengelolaan kotoran ternak. Selain itu, kambing dan domba menghasilkan hanya 0,91% dari kotoran sapi perah, sedangkan emisi metana dari

kotoran sapi potong hanya 6,02% (Merino dkk., 2011). Karena sapi perah dan ternak ruminansia lainnya memiliki rumen di mana mikroorganisme memecahkarbohidrat, protein, dan dinding sel tanaman menjadi gula sederhana dan asam amino, fermentasi enterik adalah proses anaerob yang menghasilkan gas metana sebagai produk sampingan.

Emisi N₂O Dari Sistem Pengelolaan Kotoran

Emisi N₂O yang tinggi selain karena jumlah populasi yang tinggi juga diduga disebabkan oleh tingginya kandungan protein yang sulit tercerna dalam pakan. Menurut Nampoothiri et al. (2015), jumlah protein tercerna dalam pakan sangat memengaruhi rasio CH₄ enterik dan N₂O dalam kotoran. Karena kandungan N yang tinggi dalam feses, ransum dengan persentase konsentrat tinggi akan meningkatkan N₂O dari kotoran. Hal tersebut karena dinamika tingkat pencemaran N₂O pada peternakan di lahan terbuka sangat bervariasi. Beberapa di antaranya adalah proses limbah ikutan lain yang menyertai di kandang berupa amoniak dari urin atau pupuk anorganik yang tidak terserap oleh tanah (Waldrip dkk, 2016). Emisi dinitrogen oksida dihasilkan secara langsung dan tidak langsung. Peningkatan emisi N₂O dari pengelolaan kotoran ternak langsung dan tidak langsung pada sapi perah di Kecamatan Pujon tahun 2019 hingga 2021 ditampilkan dalam Gambar 3.

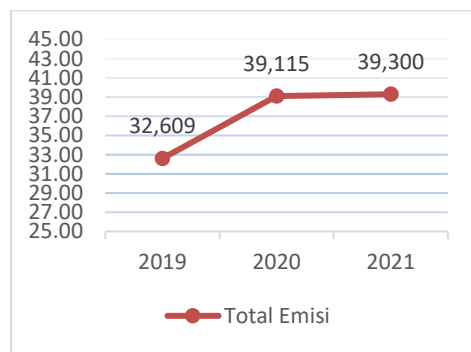


Gambar 3. Peningkatan emisi N₂O dari pengelolaan kotoran ternak langsung dan tidak langsung pada sapi perah di Kecamatan Pujon tahun 2019 sampai 2021

Berdasarkan Gambar 3 diatas, proses dekomposisi menghasilkan gas dinitrogen oksida (N₂O) tidak langsung dari pengelolaan kotoran ternak meningkat sebesar 0,044 Gg CO₂-eq per tahun pada tahun 2019 sampai 2020, dan pada tahun 2020 sampai 2021 sebesar 0,001 Gg CO₂-eq pertahun. Sedangkan untuk hasil N₂O secara langsung dari pengelolaan kotoran ternak menghasilkan gas sebesar 0 kg CO₂-eq pertahun karena sistem pengelolaan menggunakan cara langsung dialirkan ke sungai.

Total Emisi Gas Dari Ternak Dan Kotoran

Emisi yang perlu diperhatikan adalah CH₄ (metana) dan N₂O (dinitrogen oksida). Sedangkan gas yang lainnya seperti gas CO₂ (karbon dioksida) dianggap nol karena ia diserap oleh tanaman dan dilepaskan kembali sebagai oksigen yang biasa disebut proses fotosintesis. Total emisi metana pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan yang dilaporkan Mahmud (2019) pada tahun 2013 – 2019 yaitu rata-rata sebesar 33,17 Gg CO₂-eq/tahun dan 15,12 Gg CO₂-eq/tahun. Dan penelitian di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang tahun 2019 – 2021 juga lebih besar jika dibandingkan dengan yang dilaporkan oleh Widiawati (2016) berdasarkan perhitungan metode Tier 2 pada tahun 2006 – 2014 rata – rata sebesar 11,17 Gg CO₂-eq/tahun. Penelitian ini melaporkan total emisi gas metana dengan hasil yang lebih tinggi dari fermentasi enterik daripada pengelolaan kotoran. Peningkatan total emisi yang dihasilkan tertera pada Gambar 4.



Gambar 4. Peningkatan total emisi yang dihasilkan dari sapi perah di Kecamatan Pujon tahun 2019 sampai 2021

Dari Gambar 5, emisi gas dari ternak dan kotoran ternak dari sapi perah di Kecamatan Pujon rata-rata 37,008 Gg CO₂-eq/tahun pada tahun 2019–2021. Emisi metana tertinggi mencapai 39,300 Gg CO₂-eq/tahun pada tahun 2021, 39,115 Gg CO₂-eq/tahun di tahun 2020, dan terkecil mencapai 32,609 Gg CO₂-eq/tahun pada tahun 2019.

Gas Rumah Kaca dari sektor peternakan di Kecamatan Pujon dapat dikatakan tinggi, karena menunjukkan hasil emisi gas metana (CH₄) melebihi nilai sebesar 0,00127 Gg CO₂-eq/tahun serta emisi gas dinitrogen oksida (N₂O) lebih dari 510 kg CO₂-eq/tahun. Sementara itu, jika dirinci lebih detail lagi, Jawa Timur tertinggi tingkat nasional serta terkonsentrasi di beberapa kabupaten kota. Yang pertama yaitu Kabupaten Pasuruan, kemudian Kabupaten Malang, Kabupaten Blitar, Kabupaten Tulungagung dan juga Kota Batu. Di Kabupaten Malang yang menjadi penyumbang terbesar yaitu pertama Kecamatan Pujon, Kecamatan Ngantang, dan juga Kecamatan Jabung

Upaya-upaya Penurunan Emisi Metana

Meskipun gas metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O) memiliki fungsi, akan tetapi juga dapat menjadi gas rumah kaca yang dapat menyebabkan

pemanasan global. Tindakan dan upaya untuk mengurangi emisi gas yang dihasilkan dari proses aktivitas peternakan sapi perah di Kecamatan Pujon perlu diperhatikan. Manajemen pakan serta menyeimbangkan nutrisi dalam pakan seperti penggunaan hijauan dengan kualitas nutrisi yang tinggi, peningkatan level konsentrat, dan proses pengolahan pakan secara fisik telah terbukti dapat menurunkan emisi metana dari fermentasi enterik hingga 40% (Widyastuti, 2018). Jika ternak dipelihara secara terisolasi, pengendalian populasi mikroba rumen dapat mengurangi emisi metana. Emisi metana fermentasi enterik dapat dikurangi 10% melalui seleksi genetik, vaksinasi, dan pemberian suplemen nitrat, lipid, dan ionophores (Gerber, 2021). Pakan hijauan yang berserat tinggi membuat kotoran ternak yang menghasilkan emisi metana yang lebih tinggi. Sebaliknya jenis pakan yang bernutrisi tinggi seperti pakan biji-bijian, konsentrat cenderung menghasilkan kotoran dengan emisi metana yang lebih rendah (Bamualimdkk., 2008).

Dibandingkan dengan sapi potong, peternak sapi perah di Indonesia menggunakan banyak air untuk pencucian kandang sehingga feses lebih basah yang menyebabkan hasil emisi CH₄ yang lebih tinggi daripada sapi potong, meskipun populasi sapi perah lebih kecil. Dengan mengurangi jumlah bahan organik yang dapat difermentasi di rumen dan mengubah ekskresi nitrogen dari urin ke feses, pengolahan pakan dapat mengurangi emisi metana. Selanjutnya, kotoran ternak dapat diproses melalui penggunaan biofiltrasi, dan pengomposan serta penggunaan biodigester untuk pencernaan anaerobik.

KESIMPULAN

1. Emisi GRK yang dihasilkan oleh peternakan sapi perah di Kecamatan Pujon Kabupaten di

- Malang meningkat setiap tahunnya. Pengukuran total emisi gas metana berdasarkan dari hasil Fermentasi Enterik juga dari Kotoran Ternak serta Gas N₂O dari Sistem Pengelolaan Kotoran. Penambahan populasi serta manajemen pengelolaan pakan dan pengolahan kotoran ternak menjadi sumber peningkatan emisi GRK.
2. Gas Rumah Kaca dari sektor peternakan di Kecamatan Pujon dapat dikatakan tinggi, karenamenunjukkan hasil emisi gas metana (CH₄) melebihi nilai sebesar 0,00127 Gg CO₂-eq/tahun serta emisi gas dinitrogen oksida (N₂O) lebih dari 510 kg CO₂-eq/tahun. Hal ini secara langsung maupun tidak langsung pasti berpengaruh pada iklim dan berdampak buruk pada lingkungan.
- DAFTAR PUSTAKA**
- Akhadianto, S., Rofiq, M. 2017. “Estimasi Emisi Gas Metana Dari Fermentasi Enterik Ternak Ruminansia Menggunakan Metode Tier-1 Di Indonesia .” Pusat Teknologi Produksi Pertanian dan Teknologi. Diakses 27 April 2022.
- Anonimus. 2003. Reducing Greenhouse Gas Emissions Through “Feeding and Breeding”. Green House Gas Mitigation. A Beef Sector Report. Canadian Cattlemen’s Association. Summer 2003. www. Cattle.Ca. Diakses pada tanggal 21 juni 2022
- , 2016. Profil Kecamatan Pujon Kabupaten Malang
[https://ngalam.co/2016/08/17/profil-kecamatan-pujon-](https://ngalam.co/2016/08/17/profil-kecamatan-pujon-kabupaten-malang/)
kabupaten-malang /. Diakses pada tanggal 21 juni 2022
- Aeberli, I., Gerber, P. A., Hochuli, M., Kohler, S., Haile, S. R., Gouni-Berthold, I., Berneis, K. (2011). Low to moderate sugar-sweetened beverage consumption impairs glucose and lipid metabolism and promotes inflammation in healthy young men: A randomized controlled trial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 94(2), 479–485.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2021. Kabupaten Malang. Pemerintah Kabupaten Malang.
- Berliana. 2019. Studi Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂ dan N₂O) Pada Sektor Transportasi Darat Di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Sumatra utara.
- Black, J. G , 2012. Microbiology Principles and Exploration , 8th ed, Willey & Sons Inc, Denver
- Chadwick, D. R. – Pain, B. F. – Brookman, S. K. E. 2011. Nitrous oxide and methane emissions following application of animal manures to grassland. *Journal of Environmental Quality*, vol. 29, 2000, p. 277–287.
- Dhia, K. S., M. Umar, G. Mahesti, dan A. Purnomoadi. 2015. Potensi cemaran nitrogen ke udara dari feses sapi potong dengan level protein intake yang berbeda. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. 2015:306-311
- Dwiyanto. 2015 Emisi Gas Rumah Kaca Yang Dihasilkan Oleh Feses Domba Lokal Yang Diberi

- Pakan Limbah Tauge Dan Omega 3. *Jurnal Scientific Repository. Institut Pertanian Bogor*, vol. 38, No.03 Hal 17-22.
- Herawati, T. 2012. "Refleksi Sosial dari Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Peternakan di Indonesia." Balai Penelitian Ternak. Bogor. 2017.
- Hervani, A. Dan M. Ariani. 2019. Emisi metana dari pengelolaan kotoran ternak di Yogyakarta – inventarisasi. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 21(3): 319-326. Doi: 10.25077/jpi.21.3.319-326.2019
- 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.
- KLH (Kementrian Lingkungan Hidup). 2012. Pedoman penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca nasional. Buku II Volume 3. Kementrian Lingkungan Hidup Press, Jakarta.
- Mahmud. 2019. Inventarisasi potensi emisi metana (CH₄) pada peternakan sapi perah di Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang. (<https://jurnal.uns.ac.id/lar/article/download/50420/33750>) Diakses pada tanggal 17 juni 2022
- Manggar, Lintangrino dan Boedisantoso. 2016. Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Pada Sektor Pertanian Dan Peternakan Di Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 5. No.2.
- Martin. 2014. Mengurangi Methana di Peternakan Sapi. <https://www.dw.com/id/mengurangi-methana-di-peternakan-sapi/a-17808255/>. Diakses pada tanggal 17 juni 2022
- Nadeak, D. 2016. Pemanasan Global. Universitas Negeri Medan. Livestock Long Shadow. FAO Corporate Document Repository. <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>. Diakses pada tanggal 17 juni 2022
- Samiaji, T. (2009, September). Upaya Mengurangi CO₂ di Atmosfer. *Berita Dirgantara*, 10(3), 92-95.
- Sofyan. 2016. ANALISIS EMISI METANA DARI RUMEN TERNAK RUMINANSIA SECARA IN VITRO MENGGUNAKAN METODE STOIKIOMETRI KIMIA. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Syarifudin. 2019. Upaya Sektor Pertanian Dalam Menghadapi Perubahan Iklim". *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(1).
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2006. Greenhouse Gas Inventory Data. Bonn (Germany). [Unfccc.int/2860.php](http://unfccc.int/2860.php).
- Wahyuni, S. 2013. Panduan Praktis Biogas. Penebar Swadaya, Jakarta.

WANG Li-zhi, XUE Bai, dan Tianhai Yan. 2017. "Greenhouse Gas Emissions from Pig and Poultry Production Sectors in China from 1960 to 2010." *Journal of Integrative Agriculture I* (16): 221-228. Diakses 23 November , 2