

PENGARUH SUPLEMENTASI RUMPUT LAUT PADA SAPI POTONG TERHADAP PRODUKSI GAS METANA DAN DINITROGEN OKSIDA KULTUR FESES

The Effect of Seaweed Supplementation in Beef Cattle on the Production of Methane Gas and Nitrous Oxide in Fecal Cultures

Farid Abhirama*, Erwanto Erwanto, Muhtarudin Muhtarudin, Liman Liman
*Study Program of Animal Feed Nutrition, Departement of Animal Husbandry,
Faculty of Agriculture, University of Lampung*
*E-mail: faridabhirama@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of seaweed supplementation in beef cattle on the production of methane gas and nitrous oxide in fecal cultures. This research was carried out in October-December 2023 at KPT Maju Sejahtera, Tanjung Sari District, South Lampung Regency. This study used a Group Random Design (RAK) consisting of 3 treatments and 6 replicates, using 18 beef cows. The treatment given was P1; pakchong grass + concentrate (ratio of 70%:30% of feed BK), P2; pakchong grass + concentrate (ratio of 70%:30% of feed BK) + *Eucheuma cottonii* seaweed (4% of feed BK), and P3; pakchong grass + concentrate (ratio of 70%:30% BK feed) + *Eucheuma cottonii* seaweed (4% BK feed) + biochar (0.05% BK feed). The variables observed were Methane Gas Production and Nitrous Oxide. The data obtained were analyzed using descriptive analysis. The results showed that the peak of methane gas production occurred on days 0 to 3, which was 2,936.90 g/ton of feces/day. The peak of nitrous oxide production occurred on days 3 to 12, which was 43,430.59 g/ton of feces/day. P3 treatment (*Eucheuma cottonii* seaweed + biochar) tended to reduce the production of methane gas from 2,206.62 to 0.64 (99.97%) g/ton of feces/day and nitrous oxide from 8,185.95 to 725.50 (91.13%) g/ton of feces/day.

Keywords: Beef cattle, Biochar, *Eucheuma cottonii* seaweed, Methane gas, Nitrous oxide gas

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi rumput laut pada sapi potong terhadap produksi gas metana dan dinitrogen oksida kultur feses. Penelitian ini dilaksanakan pada Oktober--Desember 2023 di KPT Maju Sejahtera, Kecamatan Tanjung Sari, Kabupaten Lampung Selatan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 3 perlakuan dan 6 ulangan, dengan menggunakan 18 ekor sapi potong. Perlakuan yang diberikan yaitu P1; rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan), P2; rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan) + rumput laut *Eucheuma cottonii* (4% BK pakan), dan P3; rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan) + rumput laut *Eucheuma cottonii* (4% BK pakan) + biochar (0,05% BK pakan). Variabel yang diamati yaitu Produksi Gas Metana dan Dinitrogen Oksida. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan puncak produksi gas metana terjadi pada hari ke 0 sampai ke 3 yaitu sebesar 2.936,90 g/ton feses/hari. Puncak produksi dinitrogen oksida terjadi pada hari ke 3 sampai ke 12 yaitu sebesar 43.430,59 g/ton feses/hari. Perlakuan P3 (rumput laut *Eucheuma cottonii* + biochar) cenderung menurunkan produksi gas metana dari 2.206,62 menjadi 0,64 (99,97%) g/ton feses/hari dan dinitrogen oksida dari 8.185,95 menjadi 725,50 (91,13%) g/ton feses/hari.

Kata kunci: Biochar, Gas dinitrogen oksida, Gas metana, Rumput laut *eucheuma cottonii*, Sapi potong

PENDAHULUAN

Temperatur bumi terus mengalami peningkatan akibat adanya pemanasan global. Pemanasan global adalah kejadian meningkatnya suhu rata-rata di atmosfer, laut dan daratan bumi yang dapat menyebabkan perubahan iklim yang sangat ekstrim, sehingga membuat pola musim semakin sulit diperkirakan. Dampak spesifiknya antara lain tanah longsor, kekeringan berkepanjangan, panas

ekstrim, berkurangnya kelembapan di wilayah tertentu, dan banjir akibat meningkatnya curah hujan (Ishak *et al.*, 2019). Dilaporkan bahwa kenaikan temperatur pada tahun 2019 merupakan yang terpanas (1,15°C) dibandingkan tahun-tahun sebelumnya (Lee dan Romero, 2023). Diperkirakan kenaikan temperatur bumi akan terus berlanjut dengan terjadinya peningkatan emisi gas rumah kaca di seluruh dunia. Pemanasan global merupakan salah satu penyebab perubahan iklim dunia yang dapat mempengaruhi langsung maupun tidak langsung terhadap produktivitas ternak dan menjadi ancaman utama bagi keberlanjutan sistem produksi ternak di seluruh dunia. Secara umum di daerah tropis dan sub tropis, suhu lingkungan yang tinggi merupakan kendala utama dalam produksi ternak (Hamdan *et al.*, 2018).

Gas Rumah Kaca (GRK) menjadi penyebab utama terjadinya perubahan iklim. Usaha ternak merupakan penyumbang emisi GRK dalam bentuk metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O). Emisi gas metana bersumber dari hasil fermentasi pakan dalam saluran pencernaan oleh mikroba rumen (fermentasi enterik) dan pengelolaan kotoran ternak, sedangkan emisi gas dinitrogen oksida secara langsung maupun tidak langsung hanya berasal dari pengelolaan kotoran ternak. Fermentasi enterik yaitu proses dimana karbohidrat dipecah menjadi molekul sederhana oleh mikroorganisme untuk diserap ke dalam aliran darah pada hewan memamah biak (herbivora), hasil dari fermentasi enterik tersebut adalah metana yang memberikan sumbangan gas rumah kaca lebih besar dibandingkan dengan metana dan dinitrogen oksida dari kotoran ternak. Pada tahun 2018 sebesar 74% gas rumah kaca sektor peternakan bersumber dari enterik metana (Agus, 2019). Metana adalah gas rumah kaca yang dihasilkan terutama oleh mikroba metanogenik yang berasal dari ekosistem alami termasuk saluran pencernaan hewan ruminansia.

Kualitas feses dipengaruhi oleh jenis pakan yang dikonsumsi dan nilai pencernaan dari pakan tersebut. Feses yang dihasilkan ternak masih mengandung bahan organik sebagai sumber karbon, yang apabila terjadi fermentasi oleh mikroba dalam kondisi anaerob akan menghasilkan gas berupa metana dan dinitrogen oksida. Jumlah gas metana dan dinitrogen oksida yang dihasilkan sangat tergantung dari kandungan bahan organik dalam feses, kondisi penyimpanan feses (aerob, anaerob), dan model penyimpanan feses (kering, basah, dll). Gas metana dan dinitrogen oksida yang dikeluarkan oleh feses akan dilepaskan ke udara dan menjadi penyebab emisi gas rumah kaca dari sektor peternakan.

Upaya penurunan produksi gas metana pada ternak ruminansia dapat dilakukan dengan memanfaatkan *feed supplement* melalui suplementasi pada pakan ternak. Ionophores, legum, minyak esensial, senyawa kimia, lemak, probiotik, dan metabolit sekunder tanaman seperti halogenated, phlorotannin, tannin, saponin, dan iodine adalah beberapa senyawa yang telah terbukti dapat menurunkan atau menghambat emisi gas metana (Min *et al.*, 2020). Salah satu komoditas yang berpotensi digunakan sebagai *feed supplement* yaitu rumput laut. Rumput laut dapat dimanfaatkan karena memiliki kemampuan dalam menurunkan produksi gas metana ternak ruminansia. Rumput laut mengandung protein, karbohidrat, lemak, vitamin, mineral, minyak, dan asam amino serta senyawa sekunder lainnya (*phlorotannin*, *iodine*, dan senyawa halogenasi) (Pirian *et al.*, 2018). Kandungan beberapa senyawa tersebut terbukti mampu menurunkan produksi gas metana pada ternak ruminansia karena sifatnya sebagai anti metanogenik.

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh suplementasi rumput laut *Eucheuma cottonii* pada sapi potong terhadap produksi gas metana dan dinitrogen oksida kultur feses.

MATERI DAN METODE

MATERI

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 18 ekor sapi potong. Ransum yang terdiri atas campuran rumput pakchong (*Pennisetum purpureum cv Thailand*) yang dipotong umur 55--60 hari yang dipotong setiap hari dan dicacah dengan ukuran 5--8 cm, konsentrat, rumput laut (*Eucheuma cottonii*) dan biochar serta air minum yang diberikan secara *adlibitum*. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kandang kelompok namun ternak diikat dan berjarak satu dengan yang lainnya. Penimbangan feses menggunakan timbangan digital. Peralatan kandang lainnya yang digunakan yaitu bak penampung feses, sekop, ember, sapu lidi, *chamber cylinder*, *syringe* 20 ml, termometer digital, botol vial 10 ml, lem, karet septum, kantong plastik, karung, terpal, drum, buku tulis dan pena. Analisis *Gas Chromatography Mass Spectrometry* dilakukan menggunakan 1 set peralatan untuk menguji kandungan gas metana dan dinitrogen oksida kultur feses.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Oktober--Desember 2023 di peternakan rakyat KPT Maju Sejahtera, Kabupaten Lampung Selatan. Analisis kandungan gas metana dan dinitrogen oksida menggunakan analisis *Gas Chromatography Mass Spectrometry* yang dilakukan di Laboratorium Lingkungan Pertanian, BSIP Pati Jawa Tengah.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan 18 ekor sapi potong dengan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) berdasarkan bobot badan yang terdiri dari 6 kelompok. Pada penelitian ini terdapat 3 perlakuan dan 6 kali ulangan. Rancangan perlakuan yang digunakan sebagai berikut :

- P1 : Rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan)
- P2 : Rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan) + rumput laut *Eucheuma cottonii* (4% BK pakan)
- P3 : Rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan) + rumput laut *Eucheuma cottonii* (4% BK pakan) + biochar (0,05% BK pakan)

Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati pada penelitian ini adalah produksi gas metana dan dinitrogen oksida.

Prosedur Penelitian

Mengumpulkan feses sapi yang tidak bercampur urin sebanyak 600 gr masing masing sapi, aduk feses tersebut hingga homogen. Menempatkan 1 kg feses kedalam *chamber* berbentuk *cylinder* dengan keadaan terbuka, setelah itu disimpan selama 27 hari. *Chamber cylinder* disimpan di tempat yang tidak terkena matahari langsung, air hujan dan terhindar dari masuknya serangga atau binatang lain yang mengganggu. *Chamber cylinder* memiliki tinggi 39 cm dan diameter 14 cm. Tutup *chamber cylinder* dilengkapi lubang untuk termometer digital dan lubang karet septum untuk pengumpulan gas. Waktu pengambilan gas dari jam 11.00--12.00. Menurut Minamikawa *et al.* (2015), antara pukul 10.00 dan 12.00 mencerminkan aktivitas harian rata-rata emisi N₂O di lahan dataran tinggi. Menurut Minamikawa *et al.* (2015), pengukuran yang dilakukan sekali sehari pada pertengahan pagi untuk mendapatkan rata-rata emisi CH₄ harian. Khususnya, di wilayah beriklim sedang di Asia, disarankan untuk melakukan pengukuran pada pukul 09:00--11:00 waktu rata-rata setempat. Pengambilan gas dilakukan 10 kali dalam 27 hari (hari 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, dan 27). 3 hari sekali dilakukan pengambilan gas yang dihasilkan oleh feses menggunakan *syringes* 20 ml sebanyak lima kali dengan interval 10 menit (menit 10, 20, 30, 40, 50) dalam jangka waktu 1 jam. Gas yang dihasilkan kemudian ditempatkan dalam botol vial volume 10 ml yang telah divakum dan tertutup rapat untuk dianalisa kandungan gas metana dan dinitrogen oksida. Analisis dilakukan menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* di Laboratorium Lingkungan Pertanian, BSIP Pati Jawa Tengah.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PRODUKSI GAS METANA (CH₄) KULTUR FESES SAPI POTONG

Hasil penelitian mengenai pengaruh pemberian ransum perlakuan terhadap produksi gas metana dapat dilihat pada Tabel 1. Metana adalah gas yang dihasilkan oleh reaksi hidrogen dan karbondioksida yang dibantu bakteri metanogenik. Bakteri metanogenik adalah mikroorganisme yang bertanggung jawab untuk memproduksi gas metana sebagai hasil samping pencernaan sapi. Hidrogen yang tersedia untuk pembentukan metana bersaing dengan kebutuhan hidrogen untuk pembentukan propionat, sehingga jika konsentrasi propionat dalam rumen meningkat maka proporsi metana akan menurun begitu pula sebaliknya (Rahmani, 2017).

Hasil penelitian menunjukkan pada hari ke 0 pengambilan gas, produksi gas metana pada perlakuan P3 cenderung lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan P2 dan P1 seperti yang disajikan pada Tabel 1. Perlakuan P3 memiliki produksi gas metana sebesar 2.206,62 g/ton feses/hari. Produksi gas metana pada hari ke 3 cenderung lebih rendah dibandingkan dengan hari ke 0. Perlakuan P2 (rumput pakchong 70% + konsentrat 30% + rumput laut *Eucheuma cottonii* 4%) dan P3 (rumput pakchong 70% + konsentrat 30% + rumput laut *Eucheuma cottonii* 4% + biochar

0,05%) cenderung mengalami penurunan gas metana.

Tabel 1. Produksi gas metana (CH₄) kultur feses sapi potong

Hari	Perlakuan		
	P1	P2	P3
	(g/ton feses/ hari)		
0	2.470,72	2.317,62	2.206,62
3	2.936,90	1.084,12	1.599,14
6	1.443,16	361,50	796,25
9	868,24	102,79	87,88
12	378,27	169,94	102,22
15	85,14	46,14	48,17
18	8,54	13,28	7,81
21	8,70	9,37	5,46
24	7,13	12,86	0,64
27	tt	9,14	5,17

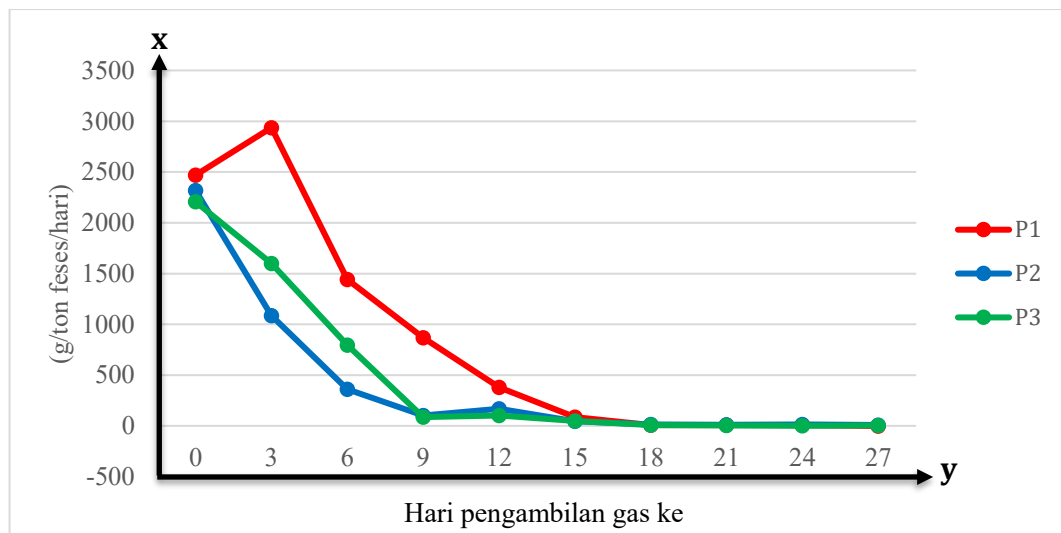
Keterangan :

P1 : Rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan)

P2 : Rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan) + rumput laut *Eucheuma cottonii* (4% BK pakan)

P3 : Rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan) + rumput laut *Eucheuma cottonii* (4% BK pakan) + biochar (0,05% BK pakan)

tt : tidak terdeteksi



Gambar 1. Grafik produksi gas metana (CH₄) kultur feses sapi potong

Penurunan produksi gas metana pada penelitian ini diduga karena berkaitan dengan proses metanogenesis. Proses metanogenesis diatur oleh konsentrasi oksigen, kandungan bahan organik sebagai substrat, dan faktor-faktor yang menentukan potensi redoksnya (Conrad *et al.*, 2018). Bahan organik merupakan input utama untuk memicu proses produksi metana. Peningkatan ketersediaan bahan organik, dan dekomposisi selanjutnya di tanah dalam kondisi anaerob, merangsang metanogenesis dengan menyediakan substrat untuk produksi asetat dan hidrogen dan menyebabkan kondisi reduksi tanah (Shiddieqy *et al.*, 2023). Perlakuan P1 (rumput pakchong 70% + konsentrat 30%) produksi gas metana cenderung meningkat pada hari ke 0 sampai hari ke 3, hal ini disebabkan tidak ada penambahan rumput laut *Eucheuma cottonii* dan biochar. Pendapat ini sejalan dengan Kinley *et al.* (2016), *Eucheuma cottonii* merupakan rumput laut merah yang dapat menekan produksi gas metana pada rumen sapi. karena kandungan senyawa sekunder berupa bromoform yang mampu menghambat mikroba pencernaan enzim yang berperan dalam produksi gas metana. Rumput laut juga mengandung senyawa sekunder lainnya (*phlorotannin*, *iodine*, dan senyawa halogenasi) (Pirian *et al.*, 2018). Kandungan beberapa senyawa tersebut terbukti mampu menurunkan produksi gas metana pada ternak ruminansia karena sifatnya sebagai anti metanogenik. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hikmawan *et al.* (2019), substitusi rumput laut *Eucheuma cottonii* pada level 4% mampu menghasilkan produksi gas metana terkecil yaitu 18,49 mM. Rumput laut *Eucheuma cottonii* mengandung banyak asam lemak tak jenuh, lemak yang masuk ke dalam rumen akan mengalami proses biohidrogenasi. Pembentukan gas metana membutuhkan adanya hidrogen dan

karbondioksida. Proses biohidrogenasi yaitu proses penjenruhan lemak (hidrogenasi) dengan mengalihkan hidrogen, sehingga pembentukan gas metana terhambat. Selain rumput laut terdapat suplementasi berupa biochar. Dalam penelitian ini penambahan biochar cenderung menurunkan produksi gas metana.

Grafik produksi gas metana antar perlakuan ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak produksi metana pada perlakuan P1 terjadi pada hari ke 0 sampai hari ke 3, sedangkan perlakuan P2 dan P3 cenderung terus menurun hingga hari terakhir pengambilan. Faktor yang mempengaruhi perbedaan pola gas metana diduga seperti kadar air yang berperan penting dalam produksi metana. Ketika kadar air pada feses dikurangi, produksi gas metana menurun, hal ini diduga bahwa pengurangan kadar air pada feses berpotensi mengurangi emisi metana dari feses (Duran, 2022).

Perlakuan P3 (Rumput pakchong 70% + konsentrat 30% + rumput laut *Eucheuma cottonii* 4% + biochar 0,05%) cenderung lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan P2 (Rumput pakchong 70% + konsentrat 30% + rumput laut *Eucheuma cottonii* 4%). Penambahan biochar cenderung menurunkan produksi metana, hal ini sesuai dengan pendapat Schmidt *et al.* (2019), biochar menjadi suplemen pakan yang sangat baik untuk meningkatkan pertumbuhan hewan, dan menurunkan produksi metana dengan meningkatkan fermentasi mikroba usus pada ruminansia. Menurut Tseten *et al.* (2022), biochar merupakan bahan *feed supplement* organik yang dapat meningkatkan pertumbuhan, profil darah, efek penghambatan terhadap pertumbuhan patogen rumen, dan mengurangi emisi enterik metana.

PRODUKSI GAS DINITROGEN OKSIDA (N₂O) KULTUR FESES SAPI POTONG

Hasil penelitian mengenai pengaruh pemberian ransum perlakuan terhadap produksi gas dinitrogen oksida dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Produksi gas dinitrogen oksida (N₂O) kultur feses sapi potong

Hari	Perlakuan		
	P1	P2	P3
	(g/ton feses/ hari)		
0	2.420,87	4.648,80	2.547,77
3	1.931,64	tt	943,22
6	3.826,45	3.422,45	8.185,95
9	21.670,59	19.091,62	2.274,77
12	5.093,72	43.430,59	tt
15	48,81	3.242,43	1.463,75
18	6.493,73	tt	2.119,06
21	3.132,09	5.614,56	1.387,84
24	tt	9.947,38	3.882,77
27	1.801,85	13.403,53	725,50

Keterangan:

P1 : Rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan)

P2 : Rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan) + rumput laut *Eucheuma cottonii* (4% BK pakan)

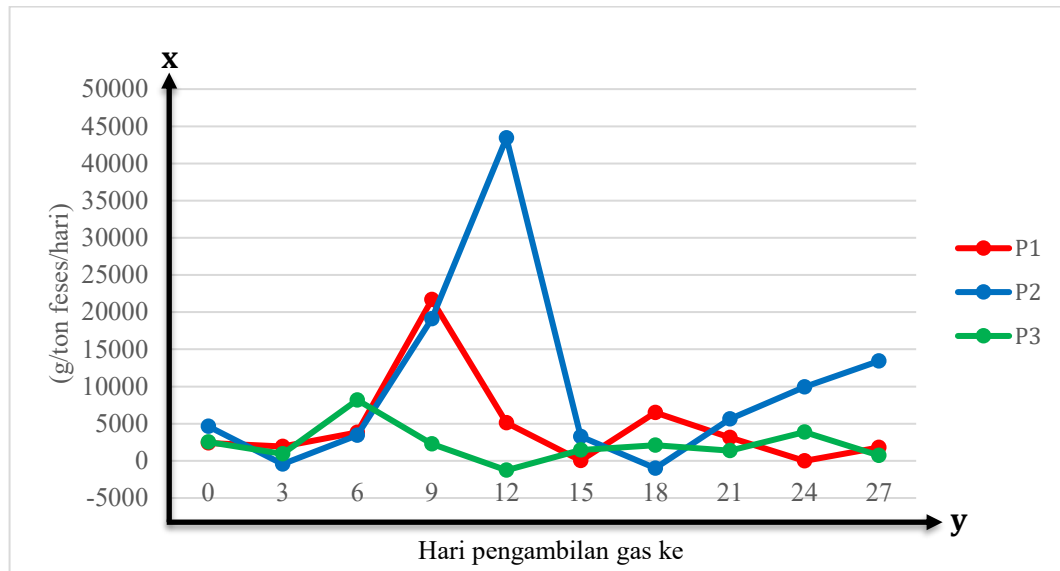
P3 : Rumput pakchong + konsentrat (perbandingan 70%:30% BK pakan) + rumput laut *Eucheuma cottonii* (4% BK pakan) + biochar (0,05% BK pakan)

tt : tidak terdeteksi

Dinitrogen oksida memiliki konsentrasi lebih rendah di atmosfer dibandingkan karbon dioksida, namun potensi pemanasan globalnya jauh lebih tinggi sebesar 298 kali. N₂O dapat bertahan di atmosfer hingga 150 tahun (Lilitnuhu *et al.*, 2024). Menurut Wahyudi (2016), N₂O merupakan emisi perusak ozon paling signifikan ke atmosfer. Kehadiran N₂O antropogenik tingkat tinggi di atmosfer akan terus menyebabkan penipisan lapisan ozon. Emisi dan konsentrasi N₂O akan terus meningkat di masa depan berdasarkan proyeksi terkini (Wahyudi, 2016). Dinitrogen oksida diproduksi selama degradasi biologis nutrisi dalam kotoran hewan sampai batas tertentu, pembentukannya dipengaruhi oleh parameter yang sama, misalnya suhu dan ketersediaan substrat (Shiddieqy *et al.*, 2023).

Hasil penelitian menunjukkan pada hari ke 0 pengambilan gas, produksi gas dinitrogen oksida pada perlakuan P2 cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P1 dan P3. Perlakuan P2 memiliki produksi gas dinitrogen oksida sebesar 4.648,80 g/ton feses/hari seperti yang disajikan pada Tabel 2. Produksi dinitrogen oksida disebabkan oleh proses mikroba. Bakteri menghasilkan N₂O melalui nitrifikasi (kondisi aerob) dan denitrifikasi (kondisi anaerob) (Shiddieqy *et al.*, 2023). Salah satu faktor utama yang mengatur nitrifikasi, denitrifikasi dan pelepasan N₂O adalah ketersediaan oksigen tanah (Owens *et al.*, 2016). Pada proses nitrifikasi amonium (NH₄⁺)

diubah menjadi nitrit (NO_2^-) oleh *Nitrosomonas* sp. dan kemudian menjadi nitrat (NO_3^-) oleh bakteri nitrobacter (Uchida dan Von, 2018). Selama denitrifikasi, N_2O merupakan zat antara dalam dissimilasi nitrat dan reduksi NO_2 menjadi N_2 dalam kondisi anaerob dan dikonsumsi oleh bakteri denitrifikasi dalam tanah, kemudian N_2O timbul selama oksidasi NH_4^+ menjadi nitrit ketika suplai O_2 terbatas. Namun, denitrifikasi juga dapat terjadi di lingkungan aerob karena banyak bakteri denitrifikasi dapat menghasilkan N_2O pada kisaran tekanan oksigen yang luas.



Gambar 2. Grafik produksi gas dinitrogen oksida (N_2O) kultur feses sapi potong

Perlakuan P3 (Rumput pakchong 70% + konsentrat 30% + rumput laut *Eucheuma cottonii* 4% + biochar 0,05%) cenderung lebih rendah dibandingkan dengan P1 (Rumput pakchong 70% + konsentrat 30%), hal ini diduga penambahan rumput laut *Eucheuma cottonii* 4% dan biochar 0,05% cenderung menurunkan produksi gas dinitrogen oksida. Pada perlakuan P2 (Rumput pakchong 70% + konsentrat 30% + rumput laut *Eucheuma cottonii* 4%) produksi gas dinitrogen oksida cenderung meningkat dibandingkan dengan perlakuan P1 dan P3, hal ini diduga karena proses pengambilan gas kurang tepat. Grafik produksi dinitrogen oksida antar perlakuan ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak produksi dinitrogen oksida terjadi pada hari ke 3 sampai ke 12. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa emisi dinitrogen oksida yang tinggi terjadi pada tahap pertama aplikasi feses. Menurut Shiddieqy *et al.* (2023), mengukur emisi N_2O selama enam bulan dengan 14 kali pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi N_2O lebih tinggi pada bulan pertama dan menurun pada bulan-bulan berikutnya. Hasil serupa ditunjukkan oleh Owens *et al.* (2016), emisi N_2O pada tanah yang diberi perlakuan urin selama 35 hari dengan tujuh kali pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan puncak emisi N_2O terjadi pada lima hari pertama.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa perlakuan P3 (rumput laut *Eucheuma cottonii* + biochar) cenderung menurunkan produksi gas metana dari 2.206,62 menjadi 0,64 (99,97%) g/ton feses/hari dan dinitrogen oksida dari 8.185,95 menjadi 725,50 (91,13%) g/ton feses/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus. F. 2019. Metode Penilaian Adaptasi dan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Sektor Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Conrad, K., R.C. Dalal, R. Fujinuma, and N.W. Menzies. 2018. Soil organic carbon and nitrogen sequestration and turnover in aggregates under subtropical leucaena–grass pastures. *Soil Research*. 56(6): 632-647.

- Duran, N.H. 2022. Estimation of Methane Emissions from Beef Cattle Manure in Nebraska. Dissertation. University of Nebraska. Lincoln.
- Hamdan, A., B.P. Purwanto, D.A. Astuti, A. Atabany, dan E. Taufik. 2018. Respon kinerja produksi dan fisiologi Kambing Peranakan Ettawa terhadap pemberian pakan tambahan dedak halus pada agroekosistem lahan kering di Kalimantan Selatan. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 21(1): 73-84.
- Hikmawan, D., E. Erwanto, M. Muhtarudin, dan F. Fathul. 2019. Pengaruh substitusi Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) dalam pakan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap konsentrasi vfa parsial dan estimasi produksi gas metana secara in-vitro. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*. 3(1): 12-18.
- Ishak, A.B.L., M. Takdir, dan W. Wardi. 2019. Estimasi emisi gas rumah kaca (grk) dari sektor peternakan tahun 2016 di Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 21(1): 51-58.
- Kinley, R.D., D.N. Rocky, M.J. Vucko, L. Machado, and N.W. Tomkins. 2016. The red macroalgae *Asparagopsis taxiformis* is a potent natural antimethanogenic that reduces methane production during in vitro fermentation with rumen fluid. *Animal Production Science*. 56(3): 282-289.
- Lee H., and J. Romero. 2023. Climate Change 2023 Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.
- Lilitnuhu, M.K., I. Kesaulya, dan R. Rahman. 2024. Potensi pemanasan global emisi gas nitrous oksida (N₂O) pada kawasan mangrove Desa Poka, Kota Ambon. *Jurnal Laut Pulau*. 3(1): 10-18.
- Min, B.R., S. Solaiman, H.M. Waldrip, D. Parker, R.W. Todd, and D. Brauer. 2020. Dietary mitigation of enteric methane emissions from ruminants: A review of plant tannin mitigation options. *Animal Nutrition*. 6(3): 231-246.
- Minamikawa, K., T. Tokida, S. Sudo, A. Padre, and K. Yagi. 2015. Guidelines for Measuring CH₄ and N₂O Emissions from Rice Paddies by a Manually Operated Closed Chamber Method. National Institute for Agro-Environmental Sciences. Tsukuba. Japan.
- Owens, J., T.J. Clough, J. Laubach, J.E. Hunt, R.T. Venterea, and R.L. Phillips. 2016. Nitrous oxide fluxes, soil oxygen, and denitrification potential of urine-and non-urine-treated soil under different irrigation frequencies. *Journal of Environmental Quality*. 45(4): 1169-1177.
- Piriani, K., Z.Z. Jeliani, J. Sohrabipour, M. Arman, M.M. Faghihi, and M. Yousefzadi. 2018. Nutritional and bioactivity evaluation of common seaweed species from the Persian Gulf. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*. 42: 1795-1804.
- Rahmani, R. 2017. Penurunan Produksi Gas Metana dari Cairan Rumen Kerbau dengan Substrat Jerami Sorgum Menggunakan Bakteri Denitrifikasi Aktif dan Inaktif. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Schmidt, H. P., N. Hagemann, K. Draper, and C. Kammann. 2019. The use of biochar in animal feeding. *PeerJ*. 1-54.
- Shiddieqy, M.I., P.W. Prihandini, A. Pramono, S. Irmawanti, Y.N. Anggraeny, B. Tiesnamurti, and M.N. Rofiq. 2023. The Effect of Cattle Breed and Forage-Concentrate Ratio on Fecal Methane and Nitrous Oxide Emissions. *Polish Journal of Environmental Studies*. 32(3): 2809-2817.
- Tseten, T., R.A. Sanjorjo, M. Kwon, and S.W. Kim. 2022. Strategic to mitigate enteric methane emission from ruminant animals. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 32(3): 269-277.
- Uchida, Y., and R.I. Von. 2018. Mitigation of nitrous oxide emissions during nitrification and denitrification processes in agricultural soils using enhanced efficiency. Nitrification and Denitrification. 1-17.
- Wahyudi, J. 2016. Mitigasi emisi gas rumah kaca. *Jurnal Litbang*. 12(2): 104-112.