



PRODUKSI METANA DAN KARBON DIOKSIDA DARI FESES SAPI PERAH DENGAN PAKAN DARI PENCACAHAN DAN ENSILASI RUMPUT GAJAH

AFDI PRATAMA



ILMU PRODUKSI DAN TEKNOLOGI PETERNAKAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB Univer



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Produksi Metana dan Karbon Dioksida dari Feses Sapi Perah dengan Pakan dari Pencacahan dan Ensilasi Rumput Gajah” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2021

Afdi Pratama
D151190451

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

AFDI PRATAMA. Produksi Metana dan Karbon Dioksida dari Feses Sapi Perah dengan Pakan dari Pencacahan dan Ensilasi Rumput Gajah. Dibimbing oleh SALUNDIK dan ANURAGA JAYANEGARA.

Metana dan karbon dioksida dihasilkan melalui sistem pencernaan dengan jalur enterik dan feses. Pakan hijauan menjadi faktor penting yang memengaruhi produksi kedua gas ini. Perlakuan pada hijauan diduga dapat memberikan pengaruh pada produksi metana dan karbon dioksida. Ensilasi dan pencacahan merupakan perlakuan yang telah dikenal dan banyak digunakan untuk mengolah hijauan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produksi metana dan karbon dioksida yang dihasilkan oleh feses sapi perah dengan pakan rumput gajah dicacah dan diensilasi.

Penelitian berlangsung dari Agustus 2020 hingga Februari 2021. Rancangan penelitian ini adalah rancangan bujur sangkar latin 4×4 . Empat ekor sapi perah peranakan *Friesian Holstein* betina dalam masa kering digunakan dalam penelitian ini. Hijauan yang digunakan dalam penelitian adalah rumput gajah berumur 55 hari yang dikenakan empat perlakuan, yaitu FW (rumput gajah segar utuh), FC (rumput gajah segar dicacah), SW (silase rumput gajah utuh), dan SC (silase rumput gajah dicacah). Analisis proksimat dilakukan pada setiap bahan pakan. Penelitian dilakukan dalam empat periode dengan durasi waktu 21 hari tiap periode. Setiap sapi diberikan ransum lengkap (konsentrat ditambah hijauan yang telah diberi perlakuan) selama 21 hari, di mana 14 hari pertama digunakan untuk adaptasi dan 7 hari terakhir untuk koleksi feses. Feses yang telah dikumpulkan kemudian ditimbang. Feses diambil sebagian untuk dianalisis proksimat dan dimasukkan ke dalam sungkup tertutup untuk proses inkubasi gas. Kelompok dalam inkubasi gas yaitu kelompok tanpa pemberian EM4 dan kelompok dengan pemberian EM4 1%. Feses diinkubasi selama 8 minggu. Sampel gas diambil dari setiap sungkup tiap minggu untuk kemudian dianalisis menggunakan kromatografi gas.

Perlakuan pencacahan dan ensilasi rumput gajah dapat meningkatkan konsumsi bahan kering dan koefisien cerna pakan ($p < 0,05$). Efektivitas perlakuan dalam meningkatkan konsumsi bahan kering dan koefisien cerna pakan dapat dikategorikan menjadi $SC > SW > FC > FW$. Pencacahan dan ensilasi tidak berpengaruh nyata dalam produksi metana dan karbon dioksida dari feses sapi perah pada kedua grup. Pemberian EM4 1% pada inkubasi feses memberikan hasil berbeda nyata dalam produksi metana dan karbon dioksida dari feses sapi perah ($p < 0,05$). Produksi metana dan karbon dioksida dipengaruhi beberapa faktor, seperti *volatile solid* feses dan durasi inkubasi.

Pemberian perlakuan rumput gajah (ensilasi dan pencacahan) tidak berpengaruh terhadap produksi metana dan karbon dioksida yang dihasilkan dari feses sapi perah yang diinkubasi dalam sungkup tertutup. Penambahan EM4 1% pada feses sapi perah dapat meningkatkan produksi metana dan karbon dioksida.

Kata kunci: feses sapi perah, gas rumah kaca, karbon dioksida, metana, sapi perah

SUMMARY

AFDI PRATAMA. Methane and Carbon Dioxide Production in Dairy Cattle Feces Given Chopped and Ensiled Elephant Grass. Supervised by SALUNDIK and ANURAGA JAYANEGARA.

Methane and carbon dioxide are produced by digestive system through enteric and fecal pathway. Feed become a key factor which influence the production of methane and carbon dioxide. Application of forage treatments are expected to modulate in methane and carbon dioxide production. Ensiling and chopping are famous forage treatments that have been widely known and used. This research aims to measure methane and carbon dioxide production in dairy cattle feces given different forage treatments (ensiling and chopping).

The research had been conducted from August 2020 to February 2021. The design of this research is 4×4 Latin square design. Four Frisian Holstein cows were used as the experimental animals. All cows were in dry period. Forage used in this research is 55 days old elephant grass and subjected to the following treatments: FW (elephant grass without any treatment), FC (mechanically chopped elephant grass), SW (ensiled intact elephant grass), and SC (mechanically chopped ensiled elephant grass). Proximate analysis were carried out for all the feedstuff. The research was conducted in four periods which lasted 21 days. Each cow was given total mixed ration for 21 days, the first 14 days for feed adaptation and the last 7 days for feces collection. Collected feces is weighed, some of the feces was taken for incubating, small amount of feces is taken for proximate analysis. There were two groups for the incubation process, the first was incubation without EM4 and the second was incubation with EM4 1%. Incubation lasted 8 weeks, each week gas samples were taken from the incubator and then analyzed using gas chromatography.

According to the results from the research, forage treatment increased feed consumption and feed digestibility, the effectiveness of treatments can be sorted as follows SC > SW > FC > FW. Forage treatments did not give significant result for the production of methane and carbon dioxide. Administration of EM4 1% in incubation process also produced significant result for the production of methane and carbon dioxide during incubation. Methane and carbon dioxide forming process take place in anaerobic condition and are influenced by factors such as the amount of substrate and incubation duration.

Ensiling and chopping have no influence in methane and carbon dioxide production from dairy cattle feces incubated in closed chamber. Addition of EM4 1% in dairy cattle feces may increase production of methane and carbon dioxide.

Keywords: carbon dioxide, dairy cattle, dairy cattle feces, greenhouse effect, methane

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



© Hak Cipta milik IPB, tahun 2021
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRODUKSI METANA DAN KARBON DIOKSIDA DARI FESES SAPI PERAH DENGAN PAKAN DARI PENCACAHAN DAN ENSILASI RUMPUT GAJAH

AFDI PRATAMA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan

**ILMU PRODUKSI DAN TEKNOLOGI PETERNAKAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB Univer

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

Dr.Eng. Allen Kurniawan, S.T., M.T.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Produksi Metana dan Karbon Dioksida dari Feses Sapi Perah dengan Pakan dari Pencacahan dan Ensilasi Rumput Gajah
Nama : Afdi Pratama
NIM : D151190451

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Salundik, M.Si.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Anuraga Jayanegara, S.Pt., M.Sc.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Salundik, M.Si.
NIP 19640406 198903 1 003

Dekan Sekolah Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng.
NIP 19600419 198503 1 002



Tanggal Ujian: 26 Juli 2021

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2020 sampai Februari 2021 ialah “Produksi Metana dan Karbon Dioksida dari Feses Sapi Perah dengan Pakan dari Pencacahan dan Ensilasi Rumput Gajah”.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Salundik, M.Si. selaku ketua komisi pembimbing sekaligus selaku ketua prodi ITP dan Bapak Prof. Dr. Anuraga Jayanegara, S.Pt., M.Sc. selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu, saran, kritik, dan masukan kepada penulis.
2. Bapak Dr.Eng. Allen Kurniawan, S.T., M.T. atas kesediaannya untuk menguji tesis, memberikan saran, kritik, dan masukan pada tesis ini.
3. Prof. Dr. Ir. Niken Ulupi, M.S atas dukungan, nasehat dan saran kepada penulis selama menjalani perkuliahan pascasarjana IPB
4. Bapak Burhan (Ketua KPS Bogor) dan Bapak H. Acep Askari (Pemilik Mandiri Farm) yang telah memberikan izin penelitian bagi penulis.
5. Pemerintah Kabupaten Bogor sebagai pihak sponsor beasiswa selama menjalani perkuliahan hingga penelitian.
6. *Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture (SEARCA)* atas bantuan pendanaan penelitian melalui *Research Grant*.
7. Staf Mandiri Farm KUNAK Sapi Perah (Bapak Suryadi, Bapak Taufiq, dan Bapak Andri) yang telah memberikan bantuan teknis selama penulis melaksanakan penelitian.
8. Staf laboratorium GRK Balingtan (Ibu Titi), staf Laboratorium PAU IPB (Ibu Endang), dan staf Laboratorium Nutrisi Ternak Perah, Fapet IPB (Ibu Dian) yang telah memberikan bantuan teknis dan masukan kepada penulis.
9. Teman-teman Program Magister IPTP Angkatan 2019 yang telah memberikan pengalaman berkesan selama perkuliahan berlangsung.
10. Edho Okta Hendriyanto, Amalina Nur Wahyuningtyas, Rizky Amrullah Chaniago, Dwi Gunadi, Muhammad Dimas Rachmawanto, dan Roby Prayoga, atas dukungan dan bantuan besar selama penulis melakukan penelitian dan menulis tesis.
11. Keluarga besar, Ibunda Nofliwati, adik Amin Shaum Shaefullah, Istri Tri Andriani, anak-anak tercinta, Saira Fitri Nur Utari dan Sadiq Rizki Hayyin, atas doa, dukungan, keceriaan dan perhatian yang diberikan selama ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang memerlukan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2021

Afdi Pratama



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesis	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	5
2.4 Analisis data	8
III HASIL DAN PEMBAHASAN	9
3.1 Konsumsi Bahan Kering Pakan Harian dan Produksi Feses	9
3.2 Koefisien Cerna Nutrien Pakan	11
3.3 Produksi Metana Tanpa Pemberian EM4	13
3.4 Produksi Metana dengan Pemberian EM4	16
3.5 Produksi Karbon Dioksida Tanpa Pemberian EM4	19
3.6 Produksi Karbon Dioksida dengan Pemberian EM4	21
IV SIMPULAN DAN SARAN	24
4.1 Simpulan	24
4.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	29
RIWAYAT HIDUP	31



DAFTAR TABEL

1	Kandungan nutrisi bahan pakan	7
2	Rataan konsumsi bahan kering dan produksi feses	9
3	Koefisien cerna nutrisi pakan	11
4	Produksi gas metana tanpa pemberian EM4 selama penelitian	13
5	Kandungan bahan kering dan bahan organik feses	16
6	Produksi metana dengan pemberian EM4 selama penelitian	16
7	Perbandingan produksi metana pada dua grup	18
8	Produksi karbon dioksida tanpa pemberian EM4	20
9	Produksi karbon dioksida dengan pemberian EM4 selama penelitian	22
10	Perbandingan produksi karbon dioksida pada dua grup	23

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian	5
2	Prosedur analisis proksimat	6
3	Produksi metana tanpa pemberian EM4	14
4	Produksi metana dengan pemberian EM4	18
5	Produksi karbon dioksida tanpa pemberian EM4	20
6	Produksi karbon dioksida dengan pemberian EM4	22

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global merupakan sebuah fenomena alam yang tengah terjadi dan membawa dampak buruk bagi lingkungan. Akibat yang ditimbulkan dari pemanasan global antara lain perubahan iklim, perubahan musim, kerusakan ekosistem, hingga kepunahan berbagai spesies. Pemicu dari pemanasan global tidak lain adalah aktivitas manusia yang menghasilkan emisi gas penyebab efek rumah kaca. Produksi pangan yang meliputi pertanian dan peternakan menjadi salah satu penyumbang pemanasan global. Menurut Steinfeld *et al.* (2006), sektor peternakan menyumbang kontribusi sebesar 18% terhadap pemanasan global. Kontribusi ini diduga akan semakin meningkat seiring dengan adanya peningkatan permintaan produk peternakan karena pertambahan jumlah penduduk, naiknya taraf hidup, dan kesadaran masyarakat akan pangan hewani bergizi tinggi.

Sektor peternakan yang paling banyak menyumbang emisi gas efek rumah kaca berasal dari ternak ruminansia. Sapi perah sebagai salah satu jenis ternak ruminansia menjadi komoditas peternakan yang saat ini dikembangkan di Kabupaten Bogor. Tujuan dari pengembangan sapi perah tidak lain adalah untuk memproduksi susu guna memenuhi kebutuhan masyarakat. Produk sampingan dari peternakan sapi perah berupa limbah peternakan. Limbah peternakan sapi perah dapat berupa padat, cair, dan gas. Ketiga bentuk limbah ini memiliki potensi untuk mencemari lingkungan. Feses sapi perah adalah limbah padat yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca melalui produksi biogas.

Biogas adalah produk dekomposisi secara anaerob pada bahan organik dengan hasil berupa gas. Feses yang tidak dimanfaatkan dan menumpuk lama kelamaan akan menghasilkan biogas. Produksi biogas terjadi tanpa membutuhkan oksigen dan melewati beberapa tahapan yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis (Sawyer *et al.* 2019). Hasil akhir dari rangkaian tahapan tersebut akan menghasilkan campuran gas yang mengandung 70-80% metana (CH₄), 30-40% karbon dioksida (CO₂), dan berbagai gas lain dalam jumlah kecil seperti nitrogen (N₂), hidrogen (H₂), hidrogen sulfida (H₂S), ammonia (NH₃), dinitro oksida (N₂O), serta uap air (H₂O) (Tabatabaei dan Ghanavati 2018). Golongan gas rumah kaca yang berkontribusi pada pemanasan global dari gas-gas tersebut, yakni metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂) dan dinitro oksida (N₂O).

Metana merupakan salah satu hasil sampingan dari proses fermentasi anaerob dari manur (gabungan antara feses dan urin hewan) dan bermacam substrat organik lainnya. Metana (CH₄) pada ternak ruminansia berasal dari dua sumber, yaitu hasil fermentasi saluran pencernaan (*enteric fermentation*) dan feses. Fermentasi dari pencernaan ternak menyumbang sebagian besar emisi metana yang dihasilkan oleh peternakan. Pembentukan metana di dalam rumen adalah hasil akhir dari fermentasi pakan. Produksi metana yang terjadi di dalam saluran pencernaan ternak, sebesar 80-95% dihasilkan di dalam rumen dan sekitar 5-20% di dalam usus besar. Metana yang dihasilkan dalam rumen dikeluarkan lewat mulut melalui proses eruktasi (sendawa), kemudian gas dilepaskan ke atmosfer (Martin *et al.* 2008). Menurut Holter dan Young (1992), sekitar 2-15%

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

energi pakan hilang dalam bentuk gas metana. Upaya menurunkan produksi gas metana tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga memberikan kesempatan bagi ternak untuk mendapatkan energi pakan yang lebih banyak untuk hidup, berproduksi, dan bereproduksi. Produksi metana di luar saluran pencernaan terjadi pada perombakan feses ternak. Secara alami, feses mengandung berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri (Dowd *et al.* 2008), cendawan (Fliegerova *et al.* 2010), dan protozoa (Moriarty *et al.* 2008). Idham *et al.* (2016) melaporkan bahwa setidaknya terdapat tiga genus dekomposer yang diisolasi dari feses sapi, yaitu *Lactobacillus*, *Actinomycetes*, dan *Aspergillus*. Mikroorganisme dekomposer ini berperan dalam proses penguraian bahan organik di dalam feses. Feses ternak yang tidak dikelola dengan baik akan menstimulasi metabolisme anaerob dengan produk akhir berupa gas rumah kaca.

Gas karbon dioksida (CO₂) merupakan gas rumah kaca yang memiliki kontribusi terbesar dalam pemanasan global. Karbon dioksida dihasilkan secara alami dari respirasi, dekomposisi organik, dan pelepasan dari lautan. Karbon dioksida juga dihasilkan oleh aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi. Karbon dioksida di atmosfer mengalami peningkatan yang signifikan dalam rentang waktu 2 abad terakhir dan diperkirakan akan terus meningkat jumlahnya. Karbon dioksida merupakan salah satu emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan oleh peternakan sapi perah. Sumber primer gas karbon dioksida dari peternakan sapi perah berasal dari tanah, tanaman, respirasi ternak, feses, dan manur (Chianese *et al.* 2009).

Usaha peternakan sapi perah yang meningkat akan diikuti dengan semakin banyaknya limbah yang dihasilkan. Mitigasi dalamantisipasi dampak limbah terhadap lingkungan sangat diperlukan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan antara lain adalah modifikasi dalam pemberian pakan pada ternak sapi perah yang diharapkan dapat menurunkan emisi gas penyebab pemanasan global.

Salah satu jenis pakan yang dimanfaatkan pada peternakan sapi perah adalah rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). Rumput ini merupakan jenis rumput budidaya yang digunakan dalam pakan ternak ruminansia (Hasan 2012). Rumput ini berasal dari benua Afrika. Karakteristik rumput gajah sangat cocok untuk dikembangkan secara luas di daerah tropis seperti Indonesia karena rumput ini dapat tumbuh baik pada suhu panas (30-35 °C) dan kelembapan tinggi (Sollenberger *et al.* 2020). Pemanfaatan rumput gajah sebagai hijauan pakan ternak dapat ditingkatkan kualitasnya dengan melakukan modifikasi pada rumput gajah seperti pencacahan dan ensilasi. Peningkatan kualitas pakan dapat berdampak positif terhadap performa ternak dan dapat berkontribusi dalam pengurangan gas rumah kaca asal peternakan.

1.2 Perumusan Masalah

Feses merupakan produk sampingan dari usaha peternakan sapi perah yang dapat menghasilkan gas metana dan karbon dioksida. Salah satu faktor yang memengaruhi produksi gas tersebut pada feses adalah pakan, khususnya pakan hijauan. Teknologi penanganan dan pengolahan pada pakan hijauan diduga memiliki pengaruh pada produksi gas metana dan karbon dioksida. Berdasarkan hal tersebut, terdapat satu pertanyaan penelitian yang dapat dirumuskan, yaitu

bagaimana produksi metana dan karbon dioksida pada feses sapi perah dengan pakan dari pencacahan dan ensilasi rumput gajah ?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini antara lain, yaitu:

- a. Menganalisis produksi metana dan karbon dioksida dari feses sapi perah dengan pakan dari pencacahan dan ensilasi rumput gajah.
- b. Mengevaluasi penambahan EM4 pada feses sapi perah dalam produksi metana dan karbon dioksida.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai produksi gas metana dan karbon dioksida pada feses sapi perah yang diberikan perlakuan pakan hijauan yang berbeda. Informasi tersebut diharapkan akan memberikan rekomendasi bagi peternak sapi perah dalam memilih perlakuan pakan hijauan yang tepat.

1.5 Hipotesis

Teknologi penanganan dan pengolahan hijauan pakan berupa pencacahan dan fermentasi atau silase diduga dapat meningkatkan kualitas pakan untuk memperbaiki koefisien cerna pakan pada sapi perah sehingga menurunkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh ternak. Berdasarkan hal tersebut dapat diformulasikan hipotesis bahwasanya pencacahan dan ensilasi rumput gajah berpengaruh pada produksi metana dan karbon dioksida dari feses sapi perah.





II METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari Agustus 2020 sampai Februari 2021. Tahap persiapan (ternak sapi perah dan pakan), pemeliharaan sapi, dan pemberian pakan dilaksanakan di Kawasan Usaha Peternakan (KUNAK) Sapi Perah, Kecamatan Cibungbulang, Kabupaten Bogor. Analisis proksimat sampel pakan dan feses dilakukan di Laboratorium Pusat Antar Universitas (PAU), Institut Pertanian Bogor, serta Laboratorium Nutrisi Ternak, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Tahapan inkubasi feses dalam sungkup tertutup dan pengambilan sampel gas dilakukan di rumah kediaman penulis. Analisis gas rumah kaca dilakukan di Laboratorium Gas Rumah Kaca, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balington) Pati.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam persiapan dan pemeliharaan sapi perah adalah pita ukur ternak, termometer digital, stetoskop, dan *penlight*. Pembuatan silase menggunakan peralatan berupa arit, pencacah rumput, timbangan pakan, dan plastik silase. Alat yang digunakan dalam pembuatan sungkup tertutup antara lain pipa PVC AW 6 inci, dop 6 inci, ember plastik, termometer alkohol skala 0-100 °C, dan EDTA *vaccum tube*. Analisis proksimat pada pakan dan feses menggunakan peralatan berupa soklet, tanur, oven, labu destruksi, alat destilasi, penangas listrik, rotavapor, dan desikator. Peralatan yang digunakan pada koleksi gas adalah syringe 10 mL, jarum 18G, botol kaca ukuran 100 mL dengan *sealer* aluminium, alat *crimping* botol, dan *freezer*. Analisis gas menggunakan perangkat kromatografi gas merk GC-Shimatsu 2014, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- detektor : FID (metana), TCD (karbon dioksida)
- jenis kolom : Porapaq Q
- *carrier gas* dan *make up* : Argon UHP
- *flame gas* : Hidrogran dan Udara
- laju alir gas : 20ml menit⁻¹
- temperatur *injector* : 60 °C
- temperatur detektor : 150 °C
- temperatur kolom : 50 °C
- waktu analisis : 4 menit

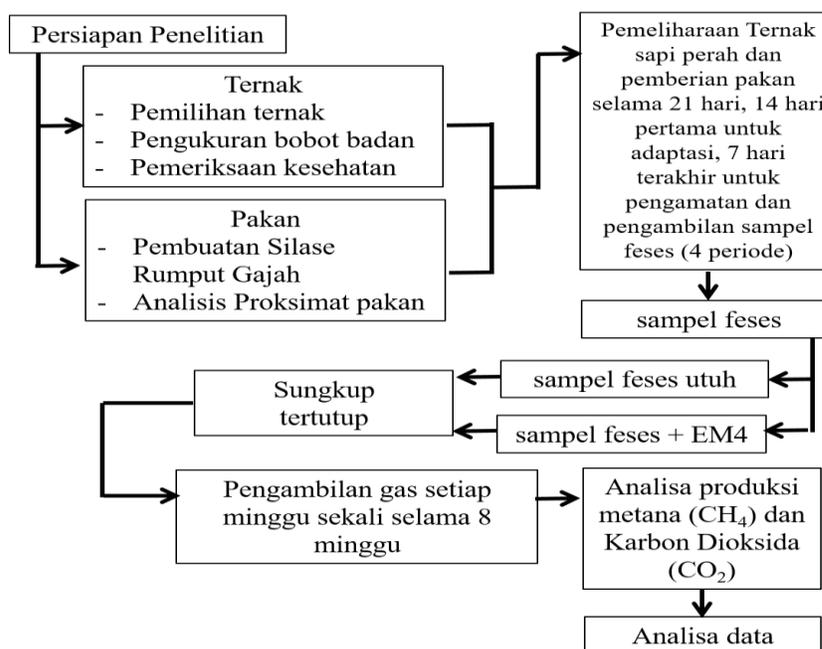
Bahan yang digunakan dalam pemeliharaan sapi perah antara lain rumput gajah segar utuh, rumput gajah segar cacah, silase rumput gajah utuh, silase rumput gajah cacah, konsentrat komersial, ampas tahu, dan ampas bir. Pembuatan silase menggunakan bahan berupa rumput gajah umur 55 hari utuh, rumput gajah umur 55 hari yang dicacah, dan molases. Bahan yang digunakan dalam pembuatan sungkup tertutup ialah lem pipa dan *sealant*. Analisis proksimat menggunakan bahan berupa kantong plastik klip, es kering, alkohol 70%, *aluminium foil*, aquades, spirtus, NaOH, H₂SO₄ pro analis, HCl, air destilasi, dan kertas tisu.

Koleksi gas memerlukan bahan antara lain label, parafilm, dan *bubble wrap*. Analisis gas menggunakan bahan berupa sampel gas.

2.3 Prosedur Kerja

2.3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

2.3.2 Persiapan Hewan Penelitian

Sapi perah yang digunakan di dalam penelitian adalah empat ekor sapi perah betina peranakan *Frisian Holstein*, laktasi ke-3. Semua sapi yang digunakan dalam penelitian berada dalam dalam periode kering (masa kering). Sapi diukur bobot badannya dengan menggunakan metode *Schoorl* (Purnomoadi 2003), yaitu estimasi bobot dengan mengukur lingkar dada yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus:

$$\text{Berat badan estimasi (kg)} = (\text{Lingkar dada (cm)} + 22)^2 / 100$$

Berdasarkan hasil seleksi, didapatkan 4 ekor sapi dengan bobot badan rata-rata $406,75 \pm 2,12$ kg. Sapi yang telah diukur bobot badannya kemudian diperiksa kesehatannya melalui pemeriksaan fisik (*physical examination*) yang meliputi pengambilan anamnesa, pengukuran suhu tubuh, frekuensi napas, frekuensi detak jantung, dan pemeriksaan eksterior. Pemeriksaan fisik pada sapi perah bertujuan untuk memastikan bahwa sapi dalam keadaan sehat. Berdasarkan hasil

pemeriksaan fisik yang telah dilakukan, semua sapi yang digunakan dalam penelitian dalam keadaan sehat dan dapat digunakan untuk penelitian.

2.3.3 Pembuatan Silase Rumpuk Gajah

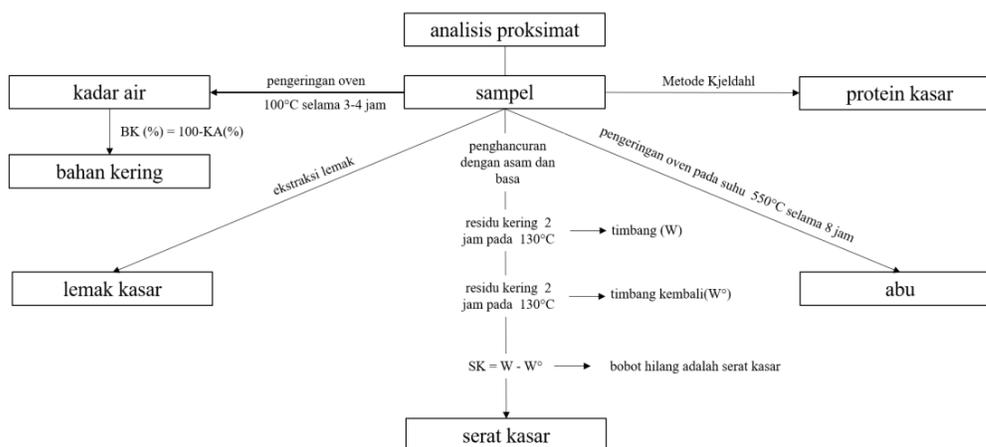
Pembuatan silase rumpuk gajah pada penelitian ini dibuat menurut *Japan Livestock Technology Association* (2005) dengan tahapan sebagai berikut:

- Rumpuk gajah yang telah disiapkan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok rumpuk gajah utuh dan kelompok rumpuk gajah cacah.
- Rumpuk gajah utuh kemudian dilayukan, sedangkan rumpuk gajah cacah diproses dengan *chopper* terlebih dahulu sebelum dilayukan. Proses pelayuan berlangsung selama 24 jam.
- Rumpuk kemudian dicampurkan dengan molases dan dimasukkan ke dalam kantung plastik khusus silase hingga penuh dan padat. Kantung plastik kemudian dilapisi dengan selapis kantung plastik lain untuk mencegah kebocoran. Mulut kantung plastik diikat dengan tali.
- Kantung plastik yang berisi rumpuk kemudian ditaruh di tempat yang aman, terlindung, dan kering. Kantung plastik yang berisi rumpuk diberi label identitas dan didiamkan selama 21 hari.
- Hasil silase rumpuk gajah dapat langsung dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Sebagian silase rumpuk gajah diambil sebagai sampel untuk analisis proksimat.

2.3.4 Analisis Nutrisi Pakan

Terdapat lima jenis bahan pakan yang digunakan pada penelitian ini yang dicampur menjadi pakan komplit (*total mixed ration*). Bahan pakan yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain, yaitu rumpuk gajah segar, rumpuk gajah silase, konsentrat komersial, ampas tahu, dan ampas bir.

Pada kelima jenis bahan pakan di atas dilakukan analisis proksimat untuk mengetahui kandungan nutrisi yang terdiri atas kadar air (KA), bahan kering (BK), lemak kasar (LK), protein kasar (PK), dan serat kasar (SK). Analisis proksimat dilakukan mengikuti prosedur pada AOAC (1990). Adapun prosedur analisis proksimat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Prosedur analisis proksimat (dimodifikasi dari AOAC (1990))

Hasil analisis proksimat berupa kandungan nutrisi setiap bahan pakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan nutrisi bahan pakan

Nutrien	Rumput gajah segar	Silase rumput gajah	Konsentrat komersial	Ampas tahu	Ampas bir
BK (%)	25,85 ± 0,02	36,78 ± 0,06	88,63 ± 0,03	14,79 ± 0,93	30,18 ± 0,00
Abu (%)	11,80 ± 0,05	13,10 ± 0,25	6,11 ± 0,05	3,11 ± 0,48	3,76 ± 0,07
LK (%)	1,72 ± 0,03	1,44 ± 0,15	3,88 ± 0,12	10,24 ± 1,65	8,70 ± 0,07
PK (%)	9,85 ± 0,13	5,98 ± 0,09	20,44 ± 0,27	38,40 ± 0,70	27,83 ± 0,42
SK (%)	30,45 ± 0,74	35,98 ± 0,19	8,53 ± 0,38	27,48 ± 6,77	16,80 ± 0,37

2.3.5 Pemeliharaan Sapi dan Pemberian Pakan

Sapi perah terpilih dipisahkan dan diberi penanda khusus untuk mencegah kesalahan dalam pemberian pakan. Sapi dipelihara pada kandang dengan tempat pakan tersekat untuk mencegah tercampurnya pakan. Selama pemeliharaan, sapi diberikan pakan komplit dengan campuran rumput gajah perlakuan berbeda. Adapun perlakuan yang diberikan antara lain:

FW : rumput gajah segar utuh (kontrol)

FC : rumput gajah segar dicacah

SW : silase rumput gajah utuh

SC : silase rumput gajah dicacah

Setiap perlakuan diberikan pada seekor sapi selama 21 hari. Masa adaptasi pakan dilaksanakan selama 14 hari pertama untuk menghilangkan pengaruh pakan sebelumnya, sedangkan 7 hari berikutnya digunakan untuk pengambilan sampel dan data. Pakan yang diberikan sebesar 3% bahan kering pakan dari bobot hidup sapi, mengacu pada kebutuhan nutrisi ternak sapi perah (NRC 2011). Rasio pemberian pakan adalah 60:40 antara hijauan dan konsentrat. Pakan diberikan dua kali sehari, sedangkan pemberian air minum diberikan *ad libitum*.

2.3.6 Koleksi Feses

Feses dari sapi perah yang telah diberi perlakuan dikoleksi selama 3 kali sehari, yaitu pagi, siang, dan sore hari. Feses kemudian ditimbang sehingga didapatkan jumlah feses sapi perah yang dikeluarkan selama 24 jam. Sebagian sampel feses diambil untuk analisis proksimat, sedangkan sebagian lain digunakan untuk inkubasi feses di dalam sungkup tertutup.

2.3.7 Pengukuran koefisien cerna nutrisi

Pengukuran koefisien cerna nutrisi pakan menggunakan beberapa data yang telah diperoleh, yaitu hasil analisis proksimat pakan dan feses, konsumsi pakan, dan produksi feses. Berdasarkan DiLorenzo (2016), perhitungan koefisien cerna nutrisi secara *in vivo* dapat dilakukan dengan rumus:

$$\text{Kecernaan nutrisi} = \frac{\text{nutrisi pakan yang dikonsumsi} - \text{nutrisi feses}}{\text{nutrisi pakan yang dikonsumsi}} \times 100\%$$

2.3.8 Inkubasi Feses

Feses dari setiap perlakuan ditimbang dengan timbangan sebanyak 1 kg. Feses dimasukkan ke dalam masing-masing sungkup tertutup. Inkubasi feses

terdiri dari dua kelompok. Kelompok pertama adalah inkubasi feces tanpa pemberian *Effective Microorganism 4* (EM4). Kelompok kedua adalah kelompok inkubasi feces dengan pemberian EM4 sebanyak 1%.

2.3.9 Koleksi Gas

Koleksi metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) dilakukan setiap minggu sekali. Pengambilan gas dilakukan dengan menggunakan *syringe* ukuran 10 mL yang dilengkapi jarum berukuran 18G. Gas yang telah diambil dimasukkan ke dalam botol kaca amber yang sudah divakum berukuran 100 mL. Botol berisi gas diberi label penanda dan dikemas menggunakan lapisan *bubble wrap* untuk kemudian dikirim ke laboratorium untuk dianalisis.

2.3.10 Analisis Gas Rumah Kaca

Analisis gas metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) dilakukan di laboratorium Gas Rumah Kaca (GRK), Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan), Pati, Jawa Tengah, dengan metode kromatografi gas.

2.4 Analisis data

Model matematika dalam rancangan percobaan ini adalah Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL) berdasarkan Steel dan Torrie (1995):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- Y_{ijk} = pengamatan dari perlakuan pakan hijauan ke-k pada periode ke-i dan kondisi ternak ke-j.
- α_i = pengaruh aditif dari periode (efek baris).
- β_j = pengaruh aditif dari kondisi ternak (efek kolom).
- τ_k = pengaruh aditif dari urutan perlakuan (hijauan segar utuh sebagai kontrol, hijauan segar potongan, hijauan fermentasi utuh, dan hijauan fermentasi potongan).
- ε_{ijk} = galat percobaan pada perlakuan ke-k dalam sapi ke-j dan periode ke-i.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis sidik ragam (ANOVA), kemudian dilanjutkan dengan uji Tukey atau BNJ (beda nyata jujur).

Perbandingan produksi gas antara kedua kelompok (tanpa dan dengan penambahan EM4 1%) dilakukan dengan menggunakan uji-t berpasangan (*paired t-test*).

$$t = \frac{\sum d}{\sqrt{\frac{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}{n-1}}}$$

Keterangan :

- d = beda antara dua nilai berpasangan
- n = jumlah sampel

III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsumsi Bahan Kering Pakan Harian dan Produksi Feses

Rataan konsumsi bahan kering pakan harian ditunjukkan pada Tabel 2. Rataan konsumsi bahan kering pakan harian berkisar antara 7,25 hingga 8,95 kg ekor⁻¹ hari⁻¹. Konsumsi bahan kering pakan harian pada penelitian ini sesuai dengan Grummer *et al.* (2004) yang mengatakan bahwa konsumsi bahan kering pakan saat masa kering kandang berkisar antara 1,7 hingga 2,0% dari bobot tubuh, yang dalam hal ini konsumsi bahan kering pakan minimal sebesar 6,80 kg ekor⁻¹ hari⁻¹. Rataan konsumsi bahan kering pakan harian pada penelitian ini telah memenuhi batas minimal.

Tabel 2 Rataan konsumsi bahan kering dan produksi feses

Peubah	FW	FC	SW	SC
Rataan konsumsi bahan kering pakan harian (kg hari ⁻¹ ekor ⁻¹)	7,25 ± 0,01 ^a	7,45 ± 0,11 ^b	8,92 ± 0,04 ^c	8,95 ± 0,03 ^c
Produksi BK feses harian (kg ekor ⁻¹ hari ⁻¹)	2,72 ± 0,18	2,66 ± 0,13	2,72 ± 0,15	2,64 ± 0,05

FW (rumput gajah segar tanpa perlakuan/kontrol), FC (rumput gajah segar dicacah), SW (silase rumput gajah utuh), dan SC (silase rumput gajah dicacah). Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama berarti berbeda nyata hasil uji BNJ ($\alpha = 0,05$).

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsumsi pakan sapi yang diberi pakan rumput gajah segar yang dicacah (FC) secara nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi yaitu sebesar 7,45 kg hari⁻¹ ekor⁻¹ dibandingkan dengan sapi yang diberi pakan rumput segar tanpa perlakuan (FW) sebesar 7,25 kg hari⁻¹ ekor⁻¹. Peningkatan konsumsi rumput gajah pada perlakuan pencacahan hijau sesuai dengan penelitian Novianti *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa dengan modifikasi ukuran rumput gajah sebesar 5, 10, dan 15 cm dapat meningkatkan konsumsi bahan kering pakan, masing-masing sebesar 0,3, 0,1, dan 0,1 kg hari⁻¹ ekor⁻¹ dari kontrol (rumput tidak dicacah). Menurut McDonald *et al.* (2011), perlakuan pencacahan menghasilkan partikel hijau yang lebih kecil sehingga enzim pencernaan akan lebih mudah untuk mencerna partikel pakan. Konsumsi pakan hijau yang lebih tinggi menghasilkan lapisan pakan hijau yang belum tercerna lebih tebal pada rumen bagian atas sehingga memudahkan proses regurgitasi saat memamah biak.

Pencacahan rumput gajah pada penelitian ini berukuran 5 hingga 15 cm menyebabkan peningkatan laju pelintasan pakan pada rumen melalui saluran cerna sehingga mempercepat pengosongan rumen dan merangsang nafsu makan. Sebagaimana dikemukakan oleh Haselmann *et al.* (2019) bahwa pengurangan ukuran partikel hijau dari pencacahan dapat meningkatkan konsumsi pakan, tetapi waktu makan dan waktu memamah biak menjadi lebih pendek sehingga berdampak pada pakan tidak tercerna secara sempurna. Konsumsi pakan hijau yang meningkat dapat mendukung kebutuhan sapi untuk hidup pokok dan

persiapan reproduksi kembali sehingga akan memperbaiki efisiensi pakan (McDowell 1994).

Tabel 2 menunjukkan konsumsi bahan kering pakan lebih tinggi secara signifikan ($p < 0,05$) pada kedua perlakuan silase rumput gajah yakni perlakuan silase utuh (SW) sebesar $8,92 \text{ kg hari}^{-1} \text{ ekor}^{-1}$ dan perlakuan silase cacah (SC) sebesar $8,95 \text{ kg hari}^{-1} \text{ ekor}^{-1}$ jika dibandingkan dengan kontrol (FW) sebesar $7,25$ sebesar $8,92 \text{ kg hari}^{-1}$. Bureenok *et al.* (2012) melaporkan bahwa ensilasi rumput gajah yang ditambahkan molases mampu meningkatkan konsumsi pakan 1,4 kali lebih besar daripada ensilasi tanpa penambahan apapun.

Peningkatan konsumsi diduga dirangsang oleh peningkatan karbohidrat larut air pada silase yang ditambahkan molases (Murphy 1999). Manyawu *et al.* (2003) menjelaskan bahwa selain pemberian molases, pelayuan dan penambahan tepung jagung pada rumput gajah dilaporkan dapat meningkatkan konsumsi pakan dan palatabilitas pada domba sebesar 2-3 kali lipat dibandingkan dengan rumput gajah tanpa perlakuan apapun. Kandungan serat, bentuk fisik, dan kemampuan fermentasi dari silase hijauan memengaruhi perilaku makan, konsumsi pakan, dan respon metabolisme sapi perah. Ukuran partikel silase perlu diperhatikan karena partikel yang terlalu panjang akan meningkatkan proses mengunyah hingga dapat ditelan menjadi bolus sehingga memperpanjang waktu makan (Grant dan Ferraretto 2018). Sementara itu, Schadt *et al.* (2012) menjelaskan bahwa besaran pakan yang ditelan tidak berhubungan dengan ukuran partikel pakan, tetapi ukuran ini terkait dengan komposisi kimia pakan.

Pencacahan pada silase tidak memengaruhi konsumsi bahan kering pakan. Hal ini terlihat pada Tabel 2. Rataan konsumsi bahan kering pakan perlakuan silase yang dicacah (SC) lebih tinggi, yaitu sebesar $8,95 \text{ kg hari}^{-1} \text{ ekor}^{-1}$ daripada rata-rata konsumsi bahan pakan perlakuan silase yang utuh (SW) sebesar $8,92 \text{ kg hari}^{-1} \text{ ekor}^{-1}$. Akan tetapi, berdasarkan hasil uji BNJ tidak ditemukan perbedaan nyata. Hal yang sama dilaporkan oleh Toivonen and Heikkilä (2005) yang menyatakan bahwa pencacahan silase dengan rata-rata panjang 6 cm juga menambah konsumsi silase pada sapi ayrshire menjadi sebanyak $10,2 \text{ kg hari}^{-1} \text{ ekor}^{-1}$ dari perlakuan kontrol (silase tidak dicacah) sebanyak $10 \text{ kg hari}^{-1} \text{ ekor}^{-1}$, akan tetapi penambahan ini juga tidak berbeda nyata. Manzocchi *et al.* (2020) mengemukakan bahwa silase jagung tanpa pencacahan memiliki kualitas fermentasi yang sama dengan silase jagung yang dicacah. Namun, konsumsi bahan kering berkurang saat pemberian silase tanpa pencacahan. Pengurangan konsumsi bahan kering dikarenakan waktu retensi partikel silase hijauan tanpa pencacahan di dalam rumen lebih lama sehingga memperlambat pengosongan rumen. Hal tersebut membatasi kapasitas konsumsi pakan.

Feses merupakan produk sampingan dari peternakan sapi perah. Produk feses masih mengandung zat nutrisi hasil pencernaan yang dapat menjadi substrat bagi mikroorganisme untuk menghasilkan produk seperti metana dan karbon dioksida. Faktor yang memengaruhi produksi feses dan manur adalah konsumsi bahan kering pakan, kesehatan saluran pencernaan, dan produksi susu (Weiss *et al.* 2007). Produksi bahan kering feses harian dapat dilihat pada Tabel 2.

Produksi bahan kering feses harian tidak dipengaruhi oleh pencacahan dan ensilasi pada rumput gajah. Rata-rata kandungan bahan kering feses harian pada penelitian ini berkisar antara $2,64$ hingga $2,72 \text{ kg ekor}^{-1} \text{ hari}^{-1}$. Bahan kering feses

harian pada penelitian dapat diperkirakan dari jumlah konsumsi bahan kering pakan dengan menggunakan persamaan linear sebagai berikut:

$$\text{Bahan kering feses} = 2,49 + [\text{Konsumsi bahan kering pakan} \times 0,02]$$

Kandungan bahan kering feses pada sapi perah yang diberi pakan yang dicacah tidak berbeda dengan tanpa pencacahan. Kijak *et al.* (2019) mengemukakan bahwa bahan kering dan distribusi serat pada feses bervariasi sepanjang hari dan tidak tergantung oleh ukuran partikel pakan, tetapi ditentukan oleh manipulasi pakan seperti kualitas hijauan dan kandungan serat dalam pakan. Hasil yang diperoleh menunjukkan tren bahwa bahan kering feses pada sapi yang diberi pakan hijauan yang dicacah lebih rendah dibandingkan dengan tanpa pencacahan. Kualitas pakan yang lebih tinggi diduga menyebabkan banyak pengurangan ukuran partikel yang efisien selama proses pemamah biak. Hal tersebut menjadikan lebih banyak bahan kering seperti pati terdeteksi di sampel feses pada sapi yang diberi pakan dengan kualitas hijauan rendah dan kandungan serat rendah.

3.2 Koefisien Cerna Nutrien Pakan

Koefisien cerna nutrien pakan merupakan peubah yang merepresentasikan nutrien pakan yang diserap oleh ternak. Nutrien pakan yang terserap akan digunakan untuk hidup dan berproduksi. Semakin tinggi nilai koefisien cerna pakan akan berdampak pada semakin tingginya produksi sapi perah. Hasil analisis koefisien cerna pakan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Koefisien cerna nutrien pakan

Koefisien Cerna (%)	FW	FC	SW	SC
BK	62,59 ± 2,16 ^a	64,22 ± 1,80 ^a	68,93 ± 1,92 ^b	70,85 ± 0,90 ^b
BO	57,73 ± 2,45 ^a	58,42 ± 2,09 ^a	69,69 ± 1,89 ^b	67,22 ± 1,02 ^b
LK	54,09 ± 2,62 ^a	57,12 ± 2,15 ^a	62,66 ± 2,24 ^b	62,40 ± 1,12 ^b
PK	47,24 ± 3,03 ^a	54,07 ± 2,30 ^{ab}	53,01 ± 2,85 ^b	61,81 ± 1,15 ^c
SK	63,76 ± 2,11 ^{ab}	63,05 ± 1,86 ^a	67,34 ± 1,81 ^{bc}	69,90 ± 0,95 ^c

FW (rumput gajah segar tanpa perlakuan/kontrol), FC (rumput gajah segar dicacah), SW (silase rumput gajah utuh), SC (silase rumput gajah dicacah), BK (bahan kering), BO (bahan organik), LK (lemak kasar), PK (protein kasar), dan SK (serat kasar). Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama berarti berbeda nyata hasil uji BNJ ($\alpha = 0,05$).

Koefisien cerna bahan kering (BK) pada penelitian ini berkisar pada nilai 62,59 hingga 70,85%. Menurut Suharti *et al.* (2018), nilai koefisien cerna yang tergolong baik apabila nilainya lebih dari 60%. Nilai koefisien cerna bahan kering pada penelitian ini sudah tergolong baik. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan SC yaitu 70,85%, diikuti oleh SW sebesar 68,93%, FC sebesar 64,22%, dan nilai terendah terdapat pada perlakuan FW sebesar 62,59%. Ensilasi dan pencacahan pada rumput gajah memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada nilai koefisien cerna bahan kering. Kuoppala *et al.* (2010) melaporkan bahwa proses ensilase pada rumput dapat memperbaiki koefisien cerna dan konsumsi bahan kering

sehingga sebagian besar dari ransum sapi perah di Eropa menggunakan silase rumput.

Koefisien cerna bahan organik (BO) dalam penelitian ini berada pada rentang nilai 57,73 hingga 69,69%. Nilai koefisien cerna bahan organik dipengaruhi secara nyata oleh pencacahan dan ensilasi pada rumput gajah ($p < 0,05$). Nilai koefisien cerna tertinggi terdapat pada perlakuan SW (69,69%), diikuti oleh SC (67,22%), FC (58,42%), dan nilai terendah pada perlakuan FC (57,73%). Berdasarkan nilai koefisien cerna bahan organik, ditemukan bahwa perlakuan ensilase pada rumput gajah (SW dan SC) memiliki nilai koefisien cerna bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan rumput gajah segar (FW dan FC). Bureenok *et al.* (2012) melaporkan bahwa ensilase rumput gajah yang dibuat dengan molases menghasilkan nilai koefisien cerna bahan organik sebesar 83,22%. Terdapat peningkatan nilai koefisien cerna bahan organik sebesar 5,79% jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol dengan nilai koefisien cerna bahan organik sebesar 77,43%. Hasil penelitian tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian ini karena bahan utama silase adalah rumput gajah dan bahan aditif silase yang digunakan sama-sama menggunakan molases. Koefisien cerna bahan organik memiliki hubungan dengan produksi gas metana. Koefisien cerna bahan organik yang rendah menyebabkan semakin tinggi produksi metana yang dihasilkan (Boadi dan Wittenberg 2002).

Nilai koefisien cerna lemak kasar terdapat pada kisaran 54,09 hingga 62,66%. Koefisien cerna lemak kasar tertinggi dijumpai pada perlakuan SW sebesar 62,66%. Perlakuan SC menghasilkan nilai koefisien lemak kasar sebesar 62,40%. Perlakuan ensilasi rumput gajah (SW dan SC) menghasilkan nilai koefisien cerna lemak kasar yang lebih tinggi secara nyata ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan perlakuan rumput gajah segar (FW dan FC). Hal ini dikarenakan silase hijauan umumnya memiliki nutrisi yang lebih mudah dicerna dibandingkan dengan hijauan segar karena proses fermentasi mikroba pada rumput gajah menghasilkan serangkaian produk akhir yang dapat mengubah banyak aspek nutrisi hijauan (Kung *et al.* 2018).

Koefisien cerna protein kasar pada penelitian ini berada pada rentang 47,24 hingga 61,81%. Kecernaan tertinggi ditemukan pada perlakuan SC yakni 61,81%. Urutan kedua terdapat pada perlakuan FC sebesar 54,07%. Urutan ketiga yaitu perlakuan SW sebesar 53,01%, sedangkan nilai koefisien cerna protein kasar terendah didapatkan pada perlakuan FW, yaitu sebesar 47,24%. Perlakuan SW menghasilkan nilai koefisien cerna protein kasar lebih tinggi secara nyata ($p < 0,05$) dibandingkan dengan tiga perlakuan lainnya. Peningkatan ini disebabkan oleh kandungan protein sel tunggal yaitu bakteri asam laktat yang didukung dengan pemberian molases meningkatkan fermentasi pada silase. Hal tersebut mencegah silase dari pembusukan sehingga dapat meningkatkan kualitas silase karena adanya pengaruh enzim hidrolitik yang diproduksi oleh bakteri (Huyen *et al.* 2020).

Koefisien cerna serat kasar berada pada nilai 63,05 hingga 69,90%. Nilai koefisien cerna serat kasar merupakan peubah yang merepresentasikan jumlah serat kasar yang dapat dimanfaatkan oleh ternak. Perlakuan yang menghasilkan nilai koefisien cerna serat kasar tertinggi terdapat pada SC (69,90%), diikuti oleh SW (67,34%), FW (63,76%), dan nilai terendah pada FC (63,05%). Perlakuan rumput gajah silase yang dicacah (SC) secara nyata ($p < 0,05$) memperlihatkan

koefisien cerna serat kasar paling tinggi di antara tiga perlakuan lainnya. Temuan serupa pernah dilaporkan oleh Bal *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa perlakuan silase pada jagung meningkatkan perolehan bobot tubuh ternak, jumlah konsumsi pakan, dan koefisien cerna serat kasar. Peningkatan koefisien cerna bahan kering sebesar 7,5% dengan penambahan molases pada tongkol jagung juga dilaporkan oleh Puastuti *et al.* (2017). Serat kasar merupakan substrat utama yang digunakan oleh mikroorganisme metanogen pada pembentukan gas metana. Proses pembuatan silase menyebabkan mikroorganisme lignoselulolitik akan memecah ikatan lignoselulosa sehingga lignin dan selulosa dapat terurai. Jumlah serat kasar yang banyak dicerna oleh mikrob rumen menyebabkan koefisien cerna serat kasar pada perlakuan rumput gajah silase cenderung lebih tinggi.

3.3 Produksi Metana Tanpa Pemberian EM4

Produksi metana terjadi secara anaerob atau tanpa oksigen di dalam sungkup tertutup dengan substrat berupa feses sapi perah yang berasal dari setiap perlakuan. Produksi metana pada grup inkubasi tanpa pemberian EM4 terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4 Produksi gas metana tanpa pemberian EM4 selama penelitian

Minggu	Rataan gas CH ₄ (%)			
	FW	FC	SW	SC
1	2,72 ± 0,60 ^a	2,12 ± 0,37 ^{ab}	1,68 ± 0,33 ^{ab}	1,32 ± 0,44 ^b
2	3,86 ± 1,10 ^a	2,73 ± 0,40 ^{ab}	2,10 ± 0,57 ^{ab}	1,82 ± 0,59 ^b
3	6,89 ± 2,06	6,09 ± 1,54	5,08 ± 2,04	4,05 ± 1,48
4	21,29 ± 7,14	18,16 ± 8,50	13,71 ± 8,96	9,64 ± 6,99
5	31,63 ± 2,24	25,68 ± 8,41	21,61 ± 10,71	19,67 ± 8,53
6	33,40 ± 3,18	27,47 ± 6,85	24,80 ± 9,24	20,88 ± 8,94
7	34,38 ± 3,01	29,45 ± 5,94	26,27 ± 7,90	22,37 ± 8,73
8	37,69 ± 3,38	31,76 ± 6,30	28,35 ± 8,70	23,74 ± 8,68
Rataan	21,48 ± 14,87	17,93 ± 12,51	15,45 ± 11,25	12,94 ± 9,72

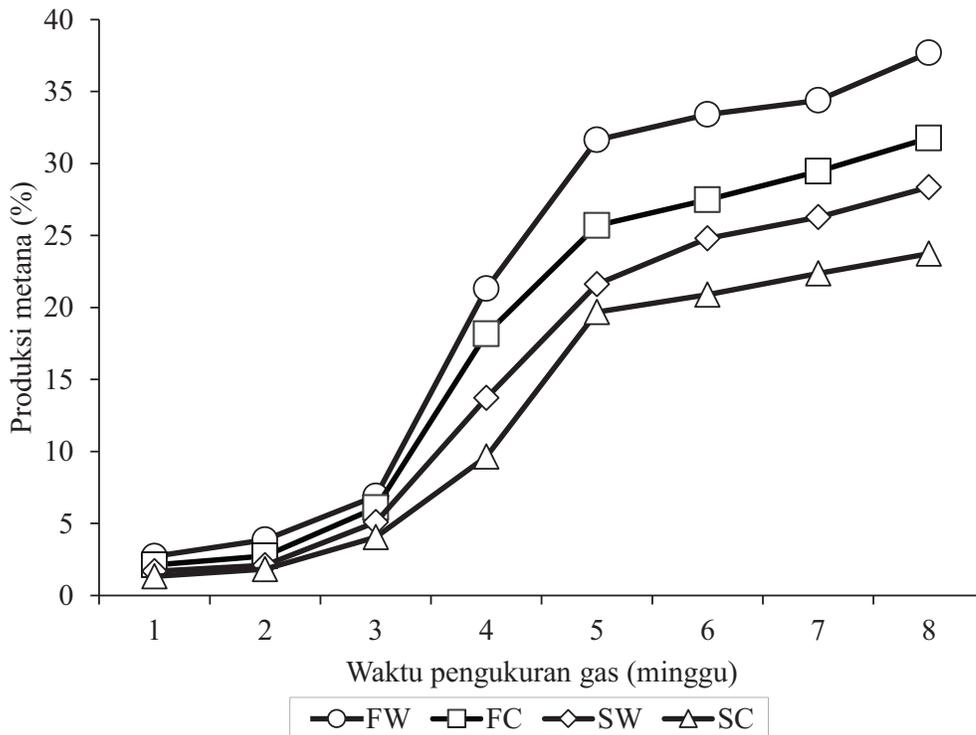
FW (rumput gajah segar tanpa perlakuan/kontrol), FC (rumput gajah segar dicacah), SW (silase rumput gajah utuh), SC (silase rumput gajah dicacah). Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama berarti berbeda nyata hasil uji BNJ ($\alpha=0,05$).

Tabel di atas menyajikan produksi metana dari setiap perlakuan, yaitu FW, FC, SW, dan SC. Seluruh perlakuan memperlihatkan produksi metana yang bertambah setiap minggunya. Produksi metana terendah dapat ditemukan pada pengukuran minggu pertama, di mana produksi metana berkisar antara 1,32 hingga 2,72%. Produksi metana tertinggi ditemukan pada minggu ke-8 dengan kisaran produksi 23,74 hingga 37,69%. Selama delapan minggu proses inkubasi, produksi metana pada perlakuan FW bertambah 13 kali lipat, sedangkan pada perlakuan FC bertambah 15 kali lipat. Produksi metana pada perlakuan SW bertambah 16,8 kali lipat dan pada perlakuan SC bertambah 18 kali lipat. Tren peningkatan produksi metana juga dilaporkan oleh Benchaar dan Hassanat (2019) yang melakukan pengamatan emisi metana pada feses sapi perah yang diinkubasi secara anaerob selama 18 minggu. Pada penelitian tersebut ditemukan peningkatan produksi metana dari minggu pertama sampai ke-8 dengan kisaran

antara 12 hingga 14 kali lipat. Perbedaan peningkatan produksi metana dapat terjadi karena perbedaan bahan penelitian, metode, dan cara pengukuran.

Produksi metana dalam penelitian ini dapat dikategorikan menjadi dua fase. Fase pertama adalah fase lambat yang terjadi pada minggu pertama hingga ketiga. Fase ini ditandai dengan produksi metana yang sedikit. Peningkatan produksi metana pada minggu pertama hingga ketiga berkisar antara 2,74 hingga 4,17%. Fase kedua adalah fase cepat yang ditandai dengan produksi metana yang lebih besar. Fase cepat terjadi pada minggu ke-3 hingga 8, di mana terlihat jelas pada produksi gas antara minggu ketiga sampai minggu kelima dengan kisaran peningkatan produksi metana sebesar 15,62 hingga 24,74%. Produksi metana tanpa pemberian EM4 dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 3.

Pembentukan metana dalam sungkup tertutup terjadi melalui proses yang dikenal sebagai metanogenesis. Proses ini difasilitasi oleh bakteri metanogen yang dapat bekerja dalam kondisi anaerob sempurna (Wang *et al.* 2010). Kondisi sungkup tertutup pada awal penelitian menyisakan ruang kosong yang berisi udara. Salah satu komponen udara adalah oksigen yang menghambat proses metanogenesis. Seiring proses inkubasi terjadi, lama kelamaan kadar oksigen di dalam sungkup menurun karena dimanfaatkan oleh mikroorganisme aerob. Saat oksigen telah habis, maka tercapai kondisi anaerob yang memungkinkan proses metanogenesis dapat berlangsung optimal. Proses tersebut dalam penelitian ini dimulai pada minggu ketiga.



Gambar 3 Produksi metana tanpa pemberian EM4. FW = rumput gajah segar tanpa perlakuan atau kontrol. FC = rumput gajah segar dicacah. SW = silase rumput gajah utuh. SC = silase rumput gajah dicacah.

Proses metanogenesis tidak hanya dihambat oleh kehadiran oksigen di dalam sungkup tertutup. Terdapat faktor lain yang berperan sebagai penghambat yaitu produk dari proses asidogenesis dan asetogenesis berupa asam lemak rantai pendek seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, dan asam valerat (Khanal 2008). Kehadiran asam lemak rantai pendek akan menurunkan pH hingga 4-5,5. Konsekuensi dari penurunan pH adalah terhambatnya pertumbuhan bakteri metanogen yang berimplikasi pada penurunan produksi metana (Murphy dan Thamsiriroj 2013).

Perlakuan ensilasi dan pencacahan pada rumput gajah memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) dalam produksi gas metana pada minggu ke-1 dan 2. Pada minggu pertama, ditemukan bahwa produksi metana tertinggi terdapat pada perlakuan FW sebesar 2,72%, diikuti oleh FC sebesar 2,12%, SW sebesar 1,68%, dan produksi metana terkecil pada perlakuan SC yakni sebesar 1,32%. Produksi metana pada minggu kedua berkisar pada 1,82 hingga 3,86% dengan produksi terbesar pada perlakuan FW (3,86%). Posisi kedua tertinggi adalah perlakuan FC (2,73%), posisi ketiga perlakuan SW (2,10%), dan produksi terendah pada perlakuan SC (1,86%). Perbedaan produksi metana secara nyata ini diduga karena adanya perbedaan kandungan nutrisi setiap perlakuan. Menurut Haryanto dan Thalib (2009), bahan organik, kandungan serat kasar, dan nilai degradabilitas mikroba memengaruhi produksi metana.

Produksi metana pada minggu ke-3 hingga 8 tidak berbeda nyata dari semua perlakuan. Walaupun tidak ditemukan adanya perbedaan pada lebih banyak minggu, terdapat kecenderungan metana asal feses sapi perah yang diberikan perlakuan pakan silase, baik yang utuh (SW) maupun yang dicacah (SC), lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol (FW) dan perlakuan rumput gajah segar dicacah (FC). Hal ini dapat dilihat dari pergerakan produksi metana pada Gambar 2. Terlihat sangat jelas kecenderungan produksi metana pada perlakuan SW dan SC yang lebih rendah dibandingkan dengan FW dan FC.

Perlakuan pencacahan dan ensilasi rumput gajah (SC) menghasilkan rataan produksi metana terendah (12,94%) jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol (FW) dengan produksi metana sebesar 21,48%. Berdasarkan hal tersebut, dapat dianalisis bahwa pencacahan dan ensilasi rumput gajah dapat menurunkan produksi metana sebesar 8,54%. Penurunan ini relatif lebih sedikit daripada hasil penelitian yang dilaporkan oleh Pramono (2016) melalui pemberian pakan tambahan berupa silase, jerami, dan urea molases multinutrien blok (UMMB) dapat menurunkan produksi gas rumah kaca sebesar 19%.

Produksi metana yang lebih rendah pada perlakuan silase rumput gajah (SW dan SC) juga memiliki hubungan nilai koefisien cerna. Perlakuan silase rumput gajah (SW dan SC) telah diketahui menghasilkan nilai koefisien cerna yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan rumput gajah segar (FW dan FC), terutama pada koefisien cerna bahan kering dan bahan organik (Tabel 3). Koefisien cerna bahan kering pada perlakuan SW dan SC masing-masing bernilai 68,93% dan 70,85%, sedangkan FW dan FC masing-masing sebesar 62,59% dan 64,22%. Perbedaan nilai koefisien cerna bahan kering ini juga berbeda nyata ($p < 0,05$) sehingga jelas adanya bahwa koefisien cerna bahan kering perlakuan silase (SW dan SC) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan rumput gajah segar (FW dan FC). Koefisien cerna yang tinggi akan menurunkan kandungan nutrisi pada keluaran feses.





Besaran nutrisi di dalam feses direpresentasikan oleh kadar *total solid* dan *volatile solid*. Pada Tabel 5 disajikan kandungan *total solid* dan *volatile solid* dari setiap perlakuan.

Tabel 5 Kandungan bahan kering dan bahan organik feses

Perlakuan	Total Solid (%)	Volatile Solid (%)
FW	15,75 ± 0,11	13,82 ± 0,14
FC	15,22 ± 0,21	12,97 ± 0,62
SW	13,24 ± 0,04	11,68 ± 0,08
SC	10,85 ± 0,62	8,69 ± 0,60

FW (rumput gajah segar tanpa perlakuan/kontrol), FC (rumput gajah segar dicacah), SW (silase rumput gajah utuh), SC (silase rumput gajah dicacah)

Kandungan *total solid* pada feses tertinggi berasal dari perlakuan FW sebesar 15,75%, sedangkan kandungan terendah terdapat pada perlakuan SC sebesar 10,85%. *Volatile solid* adalah komponen yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk menghasilkan produk berupa metana dan karbon dioksida. Appuhamy *et al.* (2018) menyatakan bahwa produksi metana dapat diperkirakan dari kandungan bahan organik yang dapat terurai. Semakin banyak kandungan bahan organik maka produksi metana akan semakin meningkat. Pernyataan tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini, di mana produksi metana tertinggi didapatkan dari perlakuan FW dengan rata-rata 21,48%, sedangkan produksi metana terendah terdapat pada perlakuan SC dengan rata-rata 12,94% (Tabel 4). Pencacahan dan ensilasi pada rumput gajah pada penelitian ini.

3.4 Produksi Metana dengan Pemberian EM4

Penambahan EM4 pada penelitian bertujuan untuk melihat pengaruh penambahan mikroorganisme dalam pembentukan metana selama proses fermentasi feses di dalam sungkup tertutup. Produksi metana dengan pemberian EM4 disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Produksi metana dengan pemberian EM4 selama penelitian

Minggu	Rataan gas CH ₄ (%)			
	FW+EM4	FC+EM4	SW+EM4	SC+EM4
1	2,78 ± 0,62 ^a	2,04 ± 0,79 ^{ab}	1,57 ± 0,67 ^{ab}	0,92 ± 0,15 ^b
2	3,83 ± 0,79 ^a	2,88 ± 0,45 ^{ab}	2,17 ± 0,70 ^{ab}	1,88 ± 0,54 ^b
3	7,05 ± 1,95	6,11 ± 2,42	4,29 ± 1,01	3,25 ± 1,29
4	24,21 ± 7,06	16,55 ± 7,16	13,17 ± 3,47	7,88 ± 5,00
5	33,60 ± 4,46 ^a	26,86 ± 5,27 ^{ab}	23,06 ± 6,33 ^{ab}	14,79 ± 10,28 ^b
6	37,24 ± 4,46	32,09 ± 3,90	28,77 ± 5,86	22,70 ± 5,81
7	39,22 ± 3,88 ^a	34,77 ± 2,22 ^{ab}	31,54 ± 3,49 ^b	28,81 ± 5,03 ^b
8	41,85 ± 4,82	38,33 ± 5,31	35,18 ± 5,33	31,99 ± 6,23
Rataan	23,72 ± 16,74	19,95 ± 14,96	17,46 ± 13,88	14,03 ± 12,48

FW+EM4 (rumput gajah segar ditambah EM4), FC+EM4 (rumput gajah segar dicacah ditambah EM4), SW+EM4 (silase rumput gajah utuh ditambah EM4), SC+EM4 (silase rumput gajah dicacah ditambah EM4). Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama berarti berbeda nyata hasil uji BNJ ($\alpha=0,05$).

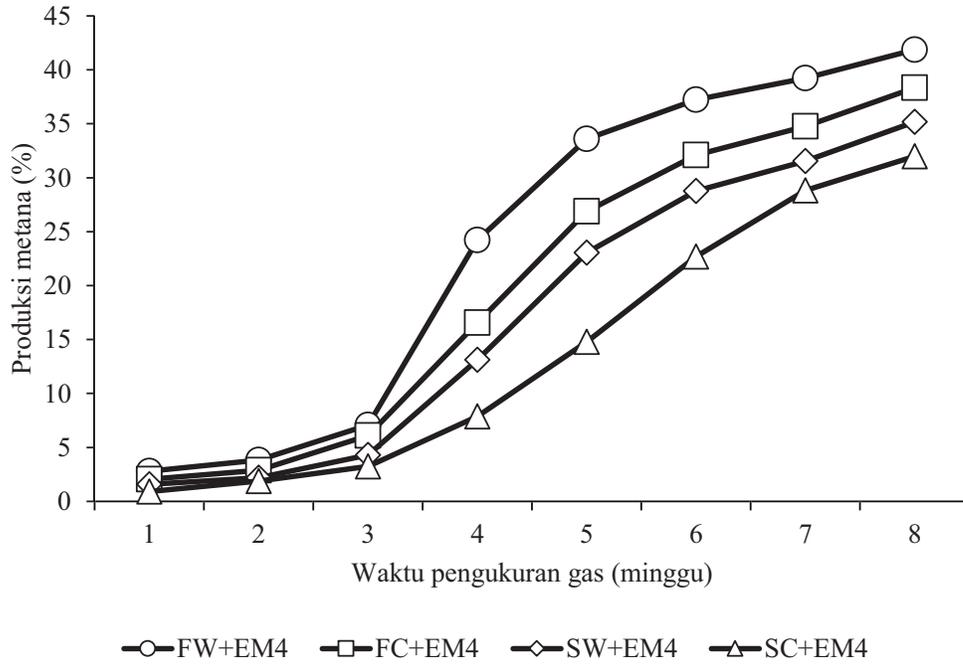
Tabel 6 memperlihatkan produksi metana pada grup inkubasi dengan penambahan EM4 1 % di setiap perlakuan (FW+EM4, FC+EM4, SW+EM4, dan SC+EM4). Terdapat tren peningkatan produksi metana pada seluruh perlakuan dari minggu pertama hingga minggu kedelapan. Produksi metana pada minggu pertama berkisar antara 0,92 hingga 2,78%. Pertambahan produksi terjadi terus menerus hingga menghasilkan produksi terbesar pada minggu kedelapan dengan kisaran produksi antara 31,99 hingga 41,85%. Selama proses inkubasi berlangsung, terdapat variasi pertambahan produksi metana. Pada perlakuan FW+EM4 terdapat pertambahan produksi metana sebesar 15 kali, sedangkan pada perlakuan FC+EM4 tercatat pertambahan produksi metana 18,7 kali. Pada perlakuan SW+EM4 ditemukan pertambahan sebesar 22 kali dan pada perlakuan SC+EM4 pertambahan sebesar 34,7 kali. Pertambahan produksi metana pada grup inkubasi dengan penambahan EM4 relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pertambahan produksi metana pada grup inkubasi tanpa penambahan EM4 yang berkisar antara 13 hingga 18 kali lipat saja.

Perlakuan pada rumput gajah (ensilasi dan pencacahan) memberikan pengaruh nyata produksi metana ($p < 0,05$) pada minggu pertama, kedua, kelima, dan ketujuh. Produksi metana pada minggu ketiga, keempat, keenam dan kedelapan tidak menunjukkan perbedaan nyata. Produksi metana dari feses dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis pakan, status fisiologi, dan penanganan feses (Lascano *et al.* 2010). Penelitian dengan pemberian jenis pakan yang berbeda dalam bentuk perlakuan pada rumput gajah menyebabkan perbedaan dalam produksi metana. Pakan hijauan pada umumnya akan menyebabkan produksi metana lebih besar karena kandungan serat kasar (Bamualim *et al.* 2008). Ensilasi merupakan metode untuk menguraikan serat kasar dengan bantuan mikroorganisme melalui fermentasi sehingga kualitas rumput gajah dapat meningkat dan menurunkan potensi produksi metana.

Gambar 4 merupakan grafik produksi metana tiap perlakuan pada grup inkubasi dengan penambahan EM4 selama penelitian yang berlangsung dalam waktu delapan minggu. Pola produksi metana dalam grup ini memiliki kemiripan dengan grup inkubasi tanpa pemberian EM4, yakni terdapat dua fase produksi metana berdasarkan waktu inkubasi. Fase pertama merupakan fase lambat yang terjadi pada minggu pertama hingga ketiga. Fase kedua merupakan fase cepat yang dimulai dari minggu ketiga hingga kedelapan. Berdasarkan Tabel 6, terlihat pertambahan produksi metana dari minggu pertama hingga ketiga yang berkisar antara 2,33 hingga 4,27%, sedangkan pertambahan produksi metana dari minggu ketiga hingga kedelapan mencapai 28,74 hingga 34,80%. Fase lambat dapat terjadi karena adanya kandungan oksigen pada sungkup tertutup. Berdasarkan Murphy dan Thamisirioj (2013), kandungan oksigen terlarut sebesar 0,1 mg L⁻¹ dapat menghambat metanogenesis.

Berdasarkan Gambar 4, dapat terlihat adanya pola produksi metana dari setiap perlakuan. Seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan produksi metana dari waktu ke waktu. Terlihat adanya kekonsistenan dari setiap perlakuan dari minggu pertama hingga kedelapan. Grafik perlakuan FW paling tinggi diikuti oleh perlakuan FC, SW, dan SC. Tidak ditemukan adanya fluktuasi atau penurunan dalam produksi metana pada grup ini. Berdasarkan hal tersebut, dapat dianalisis bahwa produksi metana dari feses sapi perah dalam penelitian ini memiliki keterkaitan dengan durasi perlakuan. Produksi metana feses sapi perah akan

semakin meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Hal yang berbeda ditemukan pada penelitian Hidayat *et al.* (2021) yang menunjukkan adanya fluktuasi produksi metana dalam proses inkubasi feses ternak dalam sungkup tertutup.



Gambar 4 Produksi metana dengan pemberian EM4 1%. FW = rumput gajah segar tanpa perlakuan + EM4 1%. FC = rumput gajah segar dicacah + EM4 1%. SW = silase rumput gajah utuh + EM4 1%. SC = silase rumput gajah dicacah + EM4 1%.

Untuk melihat efek pemberian EM4 dalam produksi metana pada feses setiap perlakuan maka dilakukan perbandingan rata-rata produksi pada setiap perlakuan antara kedua grup (grup inkubasi tanpa penambahan EM4 dan grup inkubasi dengan penambahan EM4). Hasil perbandingan menggunakan uji-t berpasangan diperlihatkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Perbandingan produksi metana pada dua grup

Perlakuan	Grup tanpa penambahan EM4 (%)	Grup dengan penambahan EM4 (%)	p-value
FW	21,48 ± 14,87	23,72 ± 16,74	0,015*
FC	17,93 ± 12,51	19,95 ± 14,96	0,101
SW	15,45 ± 11,25	17,46 ± 13,88	0,095
SC	12,94 ± 9,72	14,03 ± 12,48	0,499
Rataan keseluruhan	16,95 ± 12,06	18,79 ± 14,33	0,002*

FW (rumput gajah segar tanpa perlakuan/kontrol), FC (rumput gajah segar dicacah), SW (silase rumput gajah utuh), SC (silase rumput gajah dicacah). Berbeda nyata jika nilai p-value < 0,05.

Produksi metana pada grup inkubasi dengan penambahan EM4 1% memiliki kecenderungan lebih tinggi dari grup inkubasi tanpa penambahan EM4 1%. Hal tersebut dapat dilihat dari Tabel 7. Produksi metana pada grup inkubasi dengan penambahan EM4 1% menghasilkan selisih dengan nilai positif pada seluruh perlakuan. Pada perlakuan FW, grup inkubasi dengan penambahan EM4 mempunyai selisih produksi metana sebesar 2,24%, pada perlakuan FC selisih 2,02%, pada perlakuan SW selisih 2,01%, dan perlakuan SC selisih 1,09%. Berdasarkan hasil uji-t berpasangan, ditemukan terdapat perbedaan nyata produksi metana ($p < 0,05$) pada perlakuan FW. Ketiga perlakuan lainnya (FC, SW, dan SC) tidak memperlihatkan perbedaan nyata produksi metana.

Perbandingan tidak hanya dilakukan antar perlakuan rumput gajah. Rataan produksi metana secara keseluruhan juga ikut diperbandingkan untuk melihat pengaruh pemberian EM4 pada feses dalam produksi metana. Pada Tabel 7 diperlihatkan perbandingan antara rata-rata keseluruhan dua grup. Terdapat selisih produksi metana sebesar 1,84%. Berdasarkan hasil uji-t berpasangan, terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$) dalam produksi metana pada rata-rata keseluruhan antara dua grup. Berdasarkan hasil tersebut, membuktikan bahwa pemberian EM4 sebanyak 1% pada feses sapi perah dapat meningkatkan jumlah produksi metana. Shitophyta *et al.* (2019) melaporkan bahwa pemberian EM4 sebanyak 5 hingga 15% berpengaruh dalam peningkatan biogas pada substrat limbah jagung, di mana peningkatannya berbanding lurus dengan dosis pemberian EM4. Feses sapi perah dan limbah jagung memiliki kesamaan dari kandungan serat kasar tinggi. Pemberian EM4 pada substrat yang mirip akan menghasilkan pengaruh yang serupa. Suplementasi EM4 meningkatkan jumlah dan jenis mikroorganisme pada substrat feses sapi perah sehingga mengakselerasi pembentukan metana dengan produk akhir berupa metana lebih banyak. Kandungan EM4 antara lain bakteri pelarut fosfat (*Enterobacter*) yang diketahui menghasilkan enzim selulolitik (Ginting *et al.* 2006, Sari *et al.* 2017). Selain itu juga terdapat *Actinomyces* yang mensintesis enzim lignoselulolitik (Saini *et al.* 2015).

3.5 Produksi Karbon Dioksida Tanpa Pemberian EM4

Tabel 8 memperlihatkan produksi karbon dioksida tanpa pemberian EM4 dengan empat perlakuan, yakni FW, FC, SW, dan SC. Terdapat tendensi peningkatan produksi karbon dioksida dari waktu ke waktu pada semua perlakuan. Hal serupa pernah dilaporkan oleh Puspitasari (2015). Grafik peningkatan ini juga diperlihatkan pada Gambar 5. Produksi karbon dioksida terendah tercatat pada minggu pertama berkisar antara 19,05 hingga 23,00%, sedangkan produksi tertinggi ditemukan pada minggu kedelapan dengan kisaran 30,58 hingga 38,98%. Dibandingkan dengan produksi metana pada grup inkubasi tanpa penambahan EM4, produksi karbon dioksida tanpa penambahan EM4 pada minggu pertama telah menghasilkan gas dengan jumlah yang lebih besar. Produksi metana pada minggu pertama hanya berkisar antara 1,32 hingga 2,72%. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan *pathway* antara pembentukan metana dan karbon dioksida di dalam sungkup tertutup. Metana dihasilkan melalui proses yang lebih panjang sebanyak empat tahap, yakni hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Sementara itu, karbon dioksida hanya memerlukan dua tahap saja, yaitu hidrolisis dan asidogenesis (Baredar *et al.* 2020).

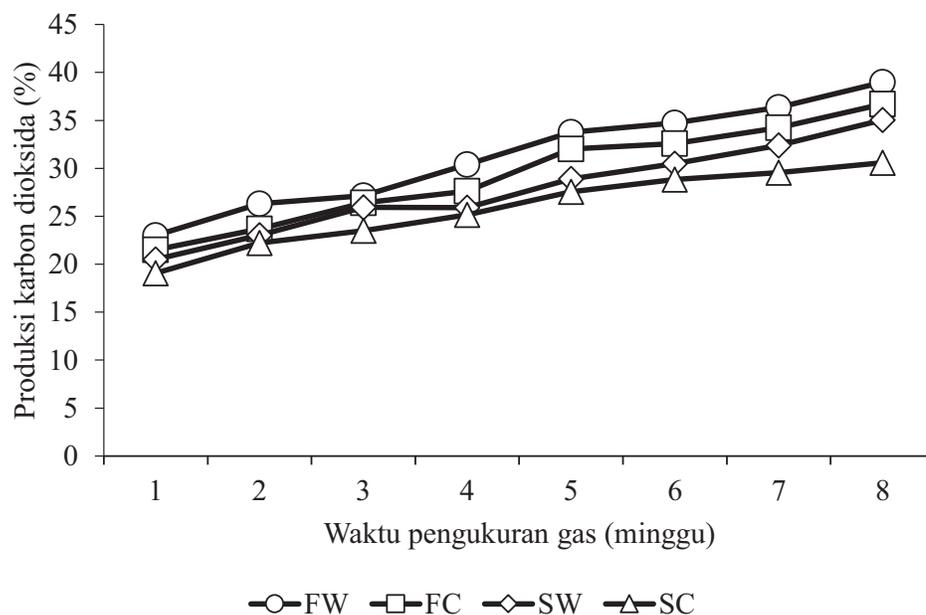


Produksi karbon dioksida pada kelompok tanpa pemberian EM4 disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Produksi karbon dioksida tanpa pemberian EM4

Minggu	Produksi gas CO ₂ (%)			
	FW	FC	SW	SC
1	23,00 ± 2,73	21,50 ± 2,00	20,48 ± 2,76	19,05 ± 2,03
2	26,32 ± 1,65	23,69 ± 1,75	23,03 ± 1,44	22,22 ± 1,42
3	27,14 ± 1,77	26,38 ± 2,28	25,94 ± 2,23	23,48 ± 1,96
4	30,38 ± 2,28	27,62 ± 3,39	25,90 ± 3,29	25,15 ± 3,70
5	33,77 ± 2,26	32,00 ± 4,77	28,88 ± 3,86	27,55 ± 4,49
6	34,74 ± 2,81	32,58 ± 4,49	30,49 ± 3,65	28,83 ± 4,61
7	36,35 ± 2,80	34,22 ± 3,85	32,39 ± 4,08	29,54 ± 4,12
8	38,98 ± 1,45 ^a	36,71 ± 1,96 ^{ab}	35,04 ± 2,09 ^{ab}	30,58 ± 4,49 ^b
Rataan	31,13 ± 5,34	29,13 ± 5,17	27,53 ± 4,64	25,71 ± 3,93

FW (rumput gajah segar tanpa perlakuan/kontrol), FC (rumput gajah segar dicacah), SW (silase rumput gajah utuh), dan SC (silase rumput gajah dicacah). Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama berarti berbeda nyata hasil uji BNJ ($\alpha = 0,05$).



Gambar 5 Produksi karbon dioksida tanpa pemberian EM. FW = rumput gajah segar tanpa perlakuan. FC = rumput gajah segar dicacah. SW = silase rumput gajah utuh. SC = silase rumput gajah dicacah.

Pola dinamika peningkatan produksi karbon dioksida berbeda dengan metana. Gambar 5 menunjukkan grafik produksi karbon dioksida yang cenderung meningkat dengan stabil tidak seperti produksi metana yang lebih dinamis dengan adanya fase lambat dan fase cepat. Perbedaan dinamika produksi gas dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di dalam sungkup tertutup, seperti temperatur dan pH. Proses metanogenesis yang menjadi kunci pembentukan metana tidak dapat

berlangsung dalam kondisi pH asam yang ditimbulkan oleh perombakan bahan organik dalam proses asidogenesis.

Pencacahan dan ensilasi rumput gajah memberikan perbedaan nyata produksi gas karbon dioksida ($p < 0,05$) pada minggu kedelapan. Produksi karbon dioksida minggu kedelapan pada perlakuan FW adalah yang tertinggi, sebesar 38,98%. Pada posisi kedua tertinggi terdapat perlakuan FC sebesar 36,71%, diikuti oleh perlakuan SW sebesar 35,04%. Perlakuan SC menghasilkan produksi gas terendah sebesar 30,54%. Produksi karbon dioksida minggu pertama hingga ketujuh tidak menghasilkan perbedaan nyata antar perlakuan. Meskipun tidak ditemukan perbedaan nyata pada lebih banyak minggu, terdapat tren produksi karbon dioksida yang dihasilkan oleh perlakuan kontrol (FW) merupakan yang tertinggi. Perlakuan pencacahan dan ensilasi rumput gajah (SC) menghasilkan produksi karbon dioksida terendah. Hal ini dapat terlihat dari nilai rata-rata produksi karbon dioksida pada perlakuan FW bernilai 31,13% dan SC bernilai 25,71%. Kecenderungan ini juga ditunjukkan pada Gambar 5. Terlihat grafik perlakuan FW secara konsisten berada di atas ketiga perlakuan lainnya dari minggu pertama hingga berakhirnya waktu penelitian. Hal yang sama terlihat pada grafik perlakuan SC yang selalu konsisten berada pada posisi paling bawah dibandingkan dengan tiga perlakuan lain sepanjang waktu penelitian. Perbedaan produksi gas karbon dioksida memiliki keterkaitan dengan jumlah substrat yang terdapat pada feses setiap perlakuan (Haryanto dan Thalib 2009).

Perlakuan FW memiliki kandungan *volatile solid* yang paling besar (13,82%) daripada perlakuan FC (12,97%), SW (11,68%), dan SC (8,69%) (Tabel 5). Hal ini memiliki keterkaitan dengan hasil koefisien cerna pakan perlakuan FW yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 3). Menurut Herrero *et al.* (2016), peningkatan koefisien cerna pakan terutama hijauan pada ruminansia merupakan salah satu metode untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, termasuk didalamnya adalah gas karbon dioksida. Perlakuan SC menghasilkan karbon dioksida yang paling sedikit di antara perlakuan lainnya. Hal tersebut disebabkan kandungan bahan organik feses atau *volatile solid* yang lebih rendah sehingga gas yang dihasilkan menjadi lebih sedikit.

3.6 Produksi Karbon Dioksida dengan Pemberian EM4

Produksi gas karbon dioksida pada kelompok inkubasi dengan pemberian EM4 disajikan pada Tabel 9. Produksi karbon dioksida pada grup inkubasi dengan penambahan EM4 memiliki tren peningkatan dari awal hingga akhir penelitian. Peningkatan terjadi pada seluruh perlakuan. Produksi karbon dioksida terendah tercatat pada kisaran antara 17,88 hingga 21,77% pada minggu pertama dan meningkat menjadi 37,00 hingga 40,29% di minggu kedelapan. Tren penambahan produksi karbon dioksida ditemukan juga pada grup inkubasi tanpa penambahan EM4. Hal ini membuktikan bahwa produksi karbon dioksida pada penelitian ini dipengaruhi oleh durasi waktu.

Pencacahan dan ensilasi rumput gajah tidak memengaruhi produksi karbon dioksida pada grup inkubasi tanpa penambahan EM4. Produksi karbon dioksida dari minggu pertama hingga minggu kedelapan tidak memperlihatkan perbedaan nyata. Walaupun tidak ditemukan perbedaan nyata pada semua perlakuan, terdapat perbedaan rata-rata produksi karbon dioksida pada tiap perlakuan. Pada

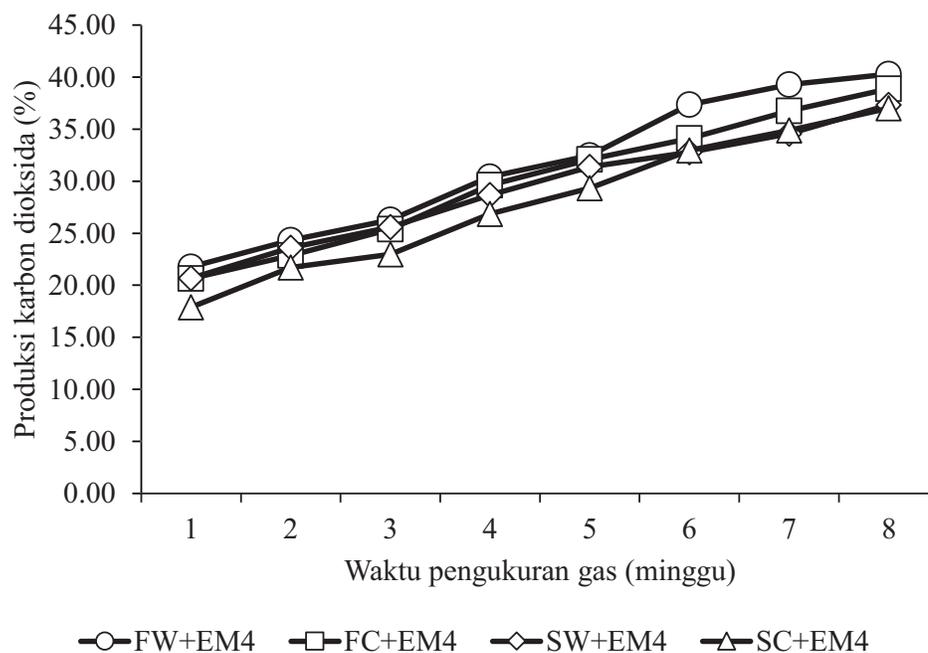


perbandingan rata-rata, terlihat produksi karbon dioksida tertinggi pada grup inkubasi dengan penambahan EM4 diraih oleh perlakuan FW+EM4 dengan rata-rata sebesar 31,52%, diikuti oleh perlakuan FC sebesar 30,04%, perlakuan SW sebesar 29,32%, dan rata-rata produksi terendah tercatat pada perlakuan SC sebesar 27,95%.

Tabel 9 Produksi karbon dioksida dengan pemberian EM4 1% selama penelitian

Minggu	Rataan produksi gas CO ₂ (%)			
	FW+EM4	FC+EM4	SW+EM4	SC+EM4
1	21,77 ± 3,58	20,64 ± 3,77	20,66 ± 5,63	17,88 ± 3,27
2	24,32 ± 1,91	22,86 ± 2,56	23,59 ± 4,31	21,69 ± 1,89
3	26,28 ± 0,81	25,39 ± 0,76	25,58 ± 3,09	22,98 ± 1,67
4	30,41 ± 2,74	29,60 ± 0,96	28,65 ± 1,83	26,86 ± 1,13
5	32,44 ± 4,13	32,09 ± 2,62	31,38 ± 1,55	29,33 ± 2,90
6	37,35 ± 0,87	34,11 ± 2,05	32,78 ± 2,06	32,95 ± 2,65
7	39,28 ± 1,13	36,73 ± 3,09	34,57 ± 1,59	34,88 ± 2,38
8	40,29 ± 1,35	38,87 ± 1,36	37,32 ± 1,08	37,00 ± 3,69
Rataan	31,52 ± 7,04	30,04 ± 6,60	29,32 ± 5,73	27,95 ± 6,79

FW+EM4 (rumput gajah segar ditambah EM4), FC+EM4 (rumput gajah segar dicacah ditambah EM4), SW+EM4 (silase rumput gajah utuh ditambah EM4), SC+EM4 (silase rumput gajah dicacah ditambah EM4). Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama berarti berbeda nyata hasil uji BNT ($\alpha=0,05$).



Gambar 6 Produksi karbon dioksida dengan pemberian EM4 1%. FW = rumput gajah segar tanpa perlakuan + EM4 1%. FC = rumput gajah segar dicacah + EM4 1%. SW = silase rumput gajah utuh + EM4 1%. SC = silase rumput gajah dicacah + EM4 1%.

Pada Gambar 6 diperlihatkan grafik produksi karbon dioksida selama penelitian berlangsung. Serupa dengan grup inkubasi tanpa penambahan EM4,

grafik peningkatan produksi karbon dioksida cenderung meningkat stabil dari awal hingga akhir penelitian. Perlakuan FW menempati grafik paling atas dan diikuti oleh perlakuan FC, SW, dan SC.

Pengaruh pemberian EM4 dalam produksi karbon dioksida diketahui dengan perbandingan menggunakan uji t berpasangan antara dua grup. Hasil perbandingan ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Perbandingan produksi karbon dioksida pada dua grup

Perlakuan	Grup tanpa penambahan EM4 1% (%)	Grup dengan penambahan EM4 1% (%)	p-value
FW	31,13 ± 5,34	31,52 ± 7,04	0,646
FC	29,13 ± 5,17	30,04 ± 6,60	0,210
SW	27,53 ± 4,64	29,32 ± 5,73	0,012*
SC	25,71 ± 3,93	27,95 ± 6,79	0,073
Rataan keseluruhan	28,38 ± 4,99	29,70 ± 6,37	0,002*

FW (rumput gajah segar tanpa perlakuan/kontrol), FC (rumput gajah segar dicacah), SW (silase rumput gajah utuh), SC (silase rumput gajah dicacah). Berbeda nyata jika nilai p-value < 0,05.

Secara umum, terdapat kecenderungan produksi karbon dioksida lebih besar pada grup inkubasi yang ditambahkan dengan EM4. Hasil ini serupa dengan produksi metana yang lebih tinggi pada grup inkubasi tanpa EM4. Terdapat selisih rata-rata produksi pada perlakuan FW, FC, SW, dan SC masing masing sebesar 0,39%, 0,91%, 1,79%, dan 0,24%. Berdasarkan hasil perbandingan dengan uji t berpasangan ditemukan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$) dalam produksi gas karbon dioksida pada perlakuan SW, sedangkan produksi gas karbon dioksida pada ketiga perlakuan lainnya, yakni FW, FC, dan SC tidak berbeda nyata.

Rataan keseluruhan dalam setiap grup diperbandingkan dengan uji t berpasangan untuk melihat efek penambahan EM4 pada gabungan seluruh perlakuan antara dua grup. Produksi karbon dioksida pada grup inkubasi dengan penambahan EM4 menghasilkan produksi yang lebih tinggi secara signifikan ($p < 0,05$) daripada grup inkubasi tanpa penambahan EM4. Penambahan EM4 sebanyak 1% pada feses sapi perah terbukti dapat meningkatkan produksi karbon dioksida. Penambahan EM4 pada substrat bahan organik seperti feses sapi perah dapat menurunkan jumlah *volatile solid*. Semakin banyak EM4 diberikan maka laju penurunan *volatile solid* akan semakin meningkat (Shitophyta *et al.* 2020). Kandungan asam laktat di dalam EM4 juga dapat meningkatkan proses fermentasi feses sapi perah (Sanjaya 2012).



IV SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil dua kesimpulan, yaitu:

- a. Pemberian perlakuan rumput gajah (ensilasi dan pencacahan) tidak berpengaruh terhadap produksi metana dan karbon dioksida yang dihasilkan dari feses sapi perah yang diinkubasi dalam sungkup tertutup.
- b. Penambahan EM4 1% pada feses sapi perah dapat meningkatkan produksi metana dan karbon dioksida.

4.2 Saran

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas energi biogas yang dihasilkan dari feses sapi perah melalui pemberian perlakuan rumput gajah (ensilasi dan pencacahan) dan pemberian EM4 pada feses sapi perah.



DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Collaboration. 1990. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists 15th Edition*. Arlington (US) : Association of Official Analytical Collaboration
- [NRC] National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th revised edition. Washington, DC (US) : Natl. Acad. Sci
- Appuhamy JADRN, Moraes LE, Wagner-Riddle C, Casper DP, Kebreab E. 2018. Predicting manure volatile solid output of lactating dairy cows. *J Dairy Sci*. 101:820-829. doi : 10.3168/jds.2017-12813.
- Bal MA, Shaver RD, Jirovec AG, Shinnors KJ, Coors JG. 2000. Crop processing and chop length of corn silage: Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci*. 83(6):1264–1273. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)74993-9.
- Bamualim, Thalib A, Anggraeni YN, Mariyono AM. 2008. Teknologi Peternakan Sapi Potong. *Wartazoa*. 18(3):149–156.
- Baredar P, Khare V, Nema S. 2020. *Design and Optimization of Biogas Energy Systems (Chapters: Control System of Biomass Power Plant)*. London (UK): doi : 0.1016/B978-0-12-822718-3.00004-6
- Benchaar C, Hassanat F. 2019. Methane emissions of stored manure from dairy cows fed conventional or brown midrib corn silage. *J Dairy Sci*. 102(11):10632–10638. doi:10.3168/jds.2019-16822.
- Bestari J, Thalib A, Hamid H, and Suherman D. 1998. Kecernaan in vivo ransum silase jerami padi dengan penambahan mikroba rumen kerbau pada sapi peranakan ongole. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 4(4) 1-6
- Boadi DA, Wittenberg KM. 2002. Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF₆) tracer gas technique. *Can J Anim Sci*. 82(2):201–206. doi:10.4141/A01-017.
- Brown N, Güttler J, Shilton A. 2018. Probiotic effects of anaerobic co-digestion substrates. *Environ. Technol*. doi : 10.1080/09593330.2018.1444097.
- Bureenok S, Yuangklang C, Vasupen K, Schonewille JT, Kawamoto Y. 2012. The effects of additives in Napier grass silages on chemical composition, feed intake, nutrient digestibility and rumen fermentation. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 25(9):1248–1254. doi:10.5713/ajas.2012.12081.
- Chianese DS, Rotz CA, Richard TL. 2009. Simulation of carbon dioxide emissions from dairy farms to assess greenhouse gas reduction strategies. *Transaction of The ASABE*. 52(4): 1301-1312. doi: 10.13031/2013.27780
- DiLorenzo N. 2016. *Rumenology (Chapters Planning and Analyzing Digestibility Experiments)*. Gewerbestrase (SZ): Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-30533-2_11.
- Dowd SE, Callaway TR, Wolcott RD, Sun Y, McKeehan T, Hagevoort RG, Edrington TS. 2008. Evaluation of the bacterial diversity in the feces of cattle using 16S rDNA bacterial tag-encoded FLX amplicon pyrosequencing (bTEFAP). *BMC Microbiol*. 8:125. doi:10.1186/1471-2180-8-125.



- Fliegerova K, Mrazek J, Hoffmann K, Zabranska J, Voigt K. 2008. Diversity of anaerobic fungi within cow manure determined by ITS1 analysis. *Folia Microbiol.* 2010;55(4):319–325. doi: 10.1007/s12223-010-0049-y.
- Ginting RCB, Saraswati R, Husen E. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Saraswati R, Setyorini D, Hartatik W, editor. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Grant RJ, Ferraretto LF. 2018. Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. *Journal of Dairy Science.* 101(5):4111-4121.
- Grummer RR, Mashek GG, and Hayirli A. 2004. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 20(3): 447-470. doi: 10.1016/j.cvfa.2004.06.013.
- Gunarto L, Nurhayati L. 1994. Karakterisasi dan identifikasi bakteri pelarut fosfat pada tanah-tanah di Indonesia. *Prosiding Seminar Penelitian Tanaman Pangan Tahunan Balai Penelitian Tanaman Pangan*.
- Haryanto B dan Thalib A. 2009. Emisi metana dari fermentasi enterik: kontribusinya secara nasional. *Wartazoa.* 19(4): 157-165.
- Hasan S. *Hijauan Pakan Tropik*. Bogor (ID): IPB Press.
- Haselmann A, Zehetgruber K, Fuerst-Waltl B, Zollitsch W, Knaus W, Zebeli Q. 2019. Feeding forages with reduced particle size in a total mixed ration improves feed intake, total tract digestibility, and performance of organic dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 102(10):8839-8849.
- Herrero M, Henderson B, Havlík P, Thornton PK, Conant RT, Smith P, Wirseniuss S, Hristov AN, Gerber P, Gill M. 2016. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nat Clim Chang.* 6(5):452–461. doi:10.1038/nclimate2925.
- Hidayat C, Widiawati Y, Tiesnamurti B, Pramono A, Krisnan R, Shiddieqy MI. 2021. Comparison of methane production from cattle, buffalo, goat, rabbit, chicken, and duck manure. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 648(1). doi:10.1088/1755-1315/648/1/012112.
- Holter JB dan Young AJ. 1992. Methane prediction in dry and lactating Holstein cows. *J Dairy Sci.* 75:2165-2175.
- Huyen NT, Martinez I, Pellikaan W. 2020. Using lactic acid bacteria as silage inoculants or direct-fed microbials to improve in vitro degradability and reduce methane emissions in dairy cows. *Agronomy.* 10(10):1482. doi:10.3390/agronomy10101482.
- Idham I, Sudiarso S, N Aini N, Nuraini Y. 2016. Isolation and identification on microorganism decomposers of Palu local cow manure of Central Sulawesi, Indonesia. *J Degrad Min Lands Manag.* 3(4):625–629. doi:10.15243/jdmlm.2016.034.625
- Japan Livestock Technology Association. 2005. *A Guide for Silage Making and Utilization in The Tropical Regions*. Tokyo (JP): Japan Livestock Technology Association.
- Jensen LS, Sommer SG. 2013. *Manure organic matters – characteristics and microbial transformation*. Sommer SG, Christensen ML, Schdmit T, Jensen LS, editor. Chichester: John Wiley&Sons Ltd.



- Khanal SK. 2008. *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production Principle and Application*. Ames (US): Wiley-Blackwell.
- Kijak K, Heinrichs BS, Heinrichs AJ. 2019. Fecal particle dry matter and fiber distribution of heifers fed ad libitum and restricted with low and high forage quality. *Journal of Dairy Science*. 102(5):4694–4703.
- Kung JL, Shaver RD, Grant RJ, Schmidt RJ. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*. 101(5):4020–4033. doi:10.3168/jds.2017-13909.
- Kuoppala K, Rinne M, Ahvenjärvi S, Nousiainen J, Huhtanen P. 2010. The effect of harvesting strategy of grass silage on digestion and nutrient supply in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 93(7):3253–3263. doi:10.3168/jds.2009-3013.
- Manyawu GJ, Sibanda S, Chakoma IC, Mutisi C, Ndiweni P. 2003. The intake and palatability of four different types of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) silage fed to sheep. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 16(6):823–829. doi:10.5713/ajas.2003.823.
- Manzocchi E, Hengartner W, Kreuzer M, Giller K. 2020. Effect of feeding hay vs. silages of various types to dairy cows on feed intake, milk composition and coagulation properties. *Journal of Dairy Research*. 87(3):1–7.
- Martin C, Doreau M, Morgavi DP. 2008. *Methane Mitigation in Ruminants: From Rumen Microbes To The Animal*. Inra, Ur 1213. Herbivores Research Unit, Research Centre of Clermont-Ferrand-Theix, F-63122. France (FR): St. Genes Champanelle.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA and Wilkinson RG. 2011. *Animal Nutrition*. (London: Pearson)
- McDowell RE. 1994. *Dairying with Improved Breeds in Warm Climates*. Raleigh (US): Kinnic Publisher
- Murphy JD, Thamsiriroj T. 2013. *The Biogas Handbook Science, Production and Application (Chapters: Fundamental Science and Engineering of The Anaerobic Digestion Process for Biogas Production)*. Cambridge (UK): Woodhead Publishing. doi: 10.1533/9780857097415.1.104
- Murphy JJ. 1999. The effects of increasing the proportion of molasses in the diet of milking dairy cows on milk production and composition. *Anim Feed Sci Technol*. 78(3–4):189–198. doi:10.1016/S0377-8401(99)00007-3.
- Novianti J, Purwanto BP, Atabany A 2014 Efisiensi produksi susu dan pencernaan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) pada sapi perah FH dengan pemberian ukuran potongan yang berbeda. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 2(1) 224-230.
- Pramono A. 2016. Potensi penurunan emisi gas rumah kaca pada pengelolaan kotoran hewan sapi melalui pemberian pakan tambahan. *JHPPK*. 1(2): 111-116. doi:10.30598/jhppk.2016.1.2.111
- Puastuti W, Yulistiani D, Handiwirawan E. 2017. Supplementation of molasses and branched-chain amino acids to increase in vitro digestibility of ammoniated corn cob in ruminants feed. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 22(4): 179-187.
- Purnomoadi A. 2003. *Ilmu Ternak Potong dan Kerja*. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.



- Puspitasari R. 2015. Evaluasi gas rumah kaca (CH₄, CO₂ dan N₂O) dari feses sapi perah FH laktasi yang diberi pakan rumput gajah dan jerami [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Saini A, Aggarwal NK, Sharma A, Yadav A. 2015. Actinomycetes: a source of lignocellulolytic enzymes. *Enzyme Research* (2015). Article ID 279381, 15 pages, 2015.
- Sanjaya IGM. 2012. Biokonversi Sampah Organik Pasar Menjadi Biogas Menggunakan Starter Effective Microorganisms (EM4). *Sains Mat.* 1(1):17–19.
<https://journal.unesa.ac.id/index.php/sainsmatematika/article/view/22>.
- Sari WN, Safika, Darmawi, Fahrimal Y. 2017. Isolation and identification of a cellulolytic Enterobacter from rumen of Aceh cattle. *Veterinary World.* 10(12): 1515-1520. doi: 10.14202/vetworld.2017.1515-1520.
- Sawyer N, Trois C, Workneh T, Okudoh V. 2019. An overview of biogas production: fundamentals, applications, and future research. *International Journal of Energy Economics and Policy.* 9(2): 105-116.
- Schadt I, Ferguson JD, Azzaro G, Petriglieri R, Caccamo M, Van Soest P, Licitra G. 2012. How do dairy cows chew?—Particle size analysis of selected feeds with different particle length distributions and of respective ingested bolus particles. *Journal of Dairy Science.* 95 (8):4707-4720.
- Shitophyta LM, Budiarti GI, Nugroho YE, Hanafi M. 2020. The effect of effective microorganisms-4 (em-4) on biogas yield in solid-state anaerobic digestion of corn stover. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng.* 830(2):6–11. doi:10.1088/1757-899X/830/2/022024.
- Sollenberger LE, Vendramini JMB, Pedreira CGS, Rios EF. 2020. Warm-season grasses for humid areas, Forages The Science of Grassland Agriculture. Moore KJ, Collins M, Nelson CJ, Redfearn DD, editor. Chichester: John Wiley & Sons.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, Haan CD. 2006. *Livestock's Long Shadow.* Roma (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Suharti S, Aliyah DN, Suryahadi. 2018. Karakteristik fermentasi rumen in vitro dengan penambahan sabun kalsium minyak nabati pada buffer yang berbeda. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan.* 16(3): 56 - 64. doi:10.29244/jintp.16.3.56-64
- Toivonen V and Heikkilä T. 2005. The effect of chop length and additive on silage intake and milk production in cows. *Silage Production and Utilisation Proceedings of the XIVth International Silage Conference (Wageningen: Wageningen Academic Publisher) section 1 p 140*
- Wang H, Xu J, Sheng L, Liu X, Zong M, Yao D. 2019. Anaerobic digestion technology for methane production using deer manure under different experimental conditions. *Energies.* 12(9):1–21. doi:10.3390/en12091819.
- Weiss WP, St-Pierre NR, Willett LB, Eastridge ML. 2007. Factors affecting manure output on dairy farms. *Proc 2007 tri-state dairy Nutr Conf fort wayne, indiana, usa, 24-25 April 2007.* August:55–62.
- Wolter M, Prayitno S, Schuchardt F. 2004. Greenhouse gas emission during storage of pig manure on a pilot scale. *Bioresour Technol.* 95: 235-244. doi : 10.1016/j.biortech.2003.01.003.



LAMPIRAN

@Hak cipta milik IPB University

IPB Univer



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1 Dokumentasi penelitian

Sungkup tertutup



Pemilihan sapi yang akan digunakan dalam penelitian

@Hak cipta milik IPB University

IPB Univer

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 12 November 1991. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan bapak Ade Suprijatna (Alm) dan ibu Nofliwati. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor dan lulus pada tahun 2013. Penulis melanjutkan Pendidikan pada Program Profesi Dokter Hewan di Perguruan Tinggi yang sama dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa program magister (S-2) di Program Studi Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Sekolah Pascasarjana IPB dengan beasiswa pendidikan pascasarjana yang diperoleh dari Pemerintah Kabupaten Bogor.

Saat ini Penulis berprofesi sebagai Pegawai Negeri Sipil pada Pemerintah Kabupaten Bogor sejak tahun 2015 dan ditempatkan pada Dinas Perikanan dan Peternakan Kabupaten Bogor. Selama melaksanakan tugas, penulis pernah mengikuti *Student American Veterinary Medicine Association (SAVMA) Symposium* pada bulan Maret 2015 di kota Minneapolis Saint Paul, Minnesota, Amerika Serikat. Penulis merupakan satu-satunya wakil dari Indonesia pada acara simposium tersebut

Selama mengikuti program S-2, penulis telah menghasilkan satu karya ilmiah berjudul *Nutrient Digestibility of Dairy Cows Fed with Chopped and Ensiled Elephant Grass* telah disajikan pada konferensi virtual *3rd Asia Pacific Regional Conference on Food Security (ARCoFS 2021)* yang diselenggarakan oleh Universiti Malaysia Kelantan pada tanggal 9 Maret 2021. Saat ini karya ilmiah penulis juga telah terbit pada prosiding *IOP Conference Earth and Enviromental* dengan judul yang sama. Penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan pascasarjana bidang kesenian, *ARTCellent Forum Wacana Pascasarjana IPB University*. Penulis juga sempat terpilih sebagai salah satu delegasi Indonesia dalam *MOST Global Talent Internship Program 2021 : Green Technology* yang diadakan secara luring pada bulan Juni-Agustus 2021 di National Sun Yat Sen University, *Republic of China (ROC) Taiwan*. Akan tetapi, dikarenakan situasi pandemi COVID-19 di Indonesia, penulis tidak dapat menghadiri kegiatan tersebut.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

