

Estimasi emisi gas metana (CH_4) dari proses pengomposan feses babi (*Sus scrofa domestica*) menggunakan *Effective Microorganism-4* (EM4).

Philipus Simamora¹⁾, Hutwan Syarifuddin¹⁾ Dodi Devitriano¹⁾

¹²³ Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi :

e-mail : philipsimamora15@gmail.com

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi emisi gas metana (CH_4) dari proses pengomposan feses babi (*Sus scrofa domestica*) menggunakan *effective microorganism-4* (EM4). Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan terdiri dari yaitu K0: 100% Feses babi, K1: 100% Feses babi + EM4 konsentrasi 5%, K2: 100% Feses babi + EM4 konsentrasi 10%, K3: 100% Feses babi + EM4 konsentrasi 15%, K4: Feses babi 100% + EM4 konsentrasi 20%. Peubah yang diamati adalah suhu, kelembapan, pH, CH_4 dan penyusutan kompos. Data yang dihimpun dianalisis ragam dan apabila berpengaruh nyata, diuji menggunakan Uji DMRT. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan EM4 berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap suhu, kelembapan, pH, CH_4 tetapi tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap penyusutan. Estimasi emisi gas CH_4 dari proses pengomposan feses babi menggunakan EM4 untuk mitigasi emisi gas CH_4 dengan menggunakan EM4 konsentrasi 10%.

Kata kunci : feses babi, kompos, CH_4 , EM4

PENDAHULUAN

Ternak babi merupakan salah satu produk peternakan yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik pada tahun 2023, populasi babi di Indonesia pada tahun 2021 tercatat sebanyak 7,18 juta ekor, kemudian meningkat menjadi 7,28 juta ekor pada tahun 2022, terjadi peningkatan sebesar 1,42% (BPS, 2023). Industri babi dapat menawarkan manfaat yang besar sebagai penyedia protein hewani. Dalam mendukung industri peternakan babi, penanganan limbah khususnya feses harus ditangani secara tepat untuk mencegah pencemaran lingkungan. Pengelolaan feses babi yang tidak memadai dapat menyebabkan bau yang tidak sedap dari senyawa organik yang mudah menguap sehingga mengganggu masyarakat, pencemaran aliran air, udara, dan tanah. Selain itu, Madeira *et al.*, (2021) menjelaskan feses babi yang tidak diolah dapat menyebabkan emisi gas rumah kaca (GRK) yang menimbulkan terjadi pemanasan global.

Ternak babi termasuk ternak *hindgut fermenter*, yaitu ternak yang melakukan fermentasi terhadap pakan dibantu oleh mikroorganisme pada saluran pencernaan bagian belakang, semua H_2 yang berlebih muncul sebagai CH_4 dan dibuang melalui feses (Suarez-Belloch *et al.*, 2013). Pengelolaan feses ternak memiliki potensi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dengan melibatkan beberapa kegiatan, seperti produksi biogas, dan pembuatan kompos dari feses ternak

(Syarifuddin *et al.*, 2021). Pembuatan kompos merupakan salah satu alternatif yang paling sederhana untuk mengurangi emisi GRK dari feses ternak. Setiyana *et al.*, (2018) menyatakan bahwa pembuatan kompos dapat menurunkan emisi gas CH₄ sebesar 98,18% jika dibandingkan feses segar.

Proses pengomposan feses babi tetap menghasilkan emisi GRK berupa gas CH₄ karena kondisi anaerobik. Lamanya proses pengomposan berpotensi meningkatkan gas CH₄ yang dipancarkan, serta tingkat emisi yang kembali ke bumi. Salah satu cara sederhana untuk mengurangi emisi GRK kumulatif adalah dengan mengurangi waktu pengomposan (Philippe *et al.*, 2007). Feses babi dapat terdekomposisi dengan cepat apabila dibantu oleh mikroba antara lain bakteri asam laktat *Lactobacillus Sp*, bakteri fotosintetik serta *Streptomyces sp* (Ririn *et al.*, 2022).

Effective Microorganism-4 (EM4) merupakan salah satu aktivator yang dapat digunakan untuk mempercepat proses pengomposan dan memperbaiki kualitas tanah. EM4 mengandung sekitar 80 genus mikroba, dengan lima golongan utama, yaitu bakteri Fotosintetik, *Lactobacillus, sp.*, *Saccharomyces, sp.*, *Actinomyces, sp.*, dan Jamur Fermentasi (Widiada *et al.*, 2022). Bakteri fotosintetik melalui fotosintesis dengan memanfaatkan karbon dioksida (CO₂), sehingga menghasilkan peningkatan kadar oksigen (O₂). Bakteri fotosintetik yang terdapat pada EM4 dapat mengurangi kandungan gas berbahaya seperti CH₄ dan CO₂ (Muslimin *et al.*, 2013). Penggunaan EM4 diharapkan dapat memberikan manfaat untuk mengurangi emisi gas CH₄, termasuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme pada substrat feses babi. Selain itu, EM4 dapat membantu dalam menstabilkan pH, mengurangi bau yang tidak sedap, dan mempercepat proses pengomposan. Namun, belum ada informasi terkait estimasi emisi gas metana (CH₄) yang dihasilkan dari proses pengomposan feses babi dengan penambahan berbagai konsentrasi bioaktivator effective microorganisms (EM4).

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Perumahan Mendalo Asri blok V007 RT 05 RW 07 Desa Mendalo Indah kecamatan Jambi Luar Kota. Penelitian dilakukan dari tanggal 24 Agustus 2023 sampai dengan tanggal 13 September 2023. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah feses babi sebanyak berapa 20 kg yang diperoleh dari peternakan babi Pak Aseng di Pijoan, babi tersebut dikasih makan ampas tahu dan dedak padi, EM4 pertanian produksi PT. Songgolangit Persada, Molasses, HC₃COOH (asam cuka) 25% dan air. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Thermometer digital merek dongguan xintai co., Ltd , pH meter merek smart easy to use, Sensor MQ-4, Botol ukuran 500 ml, Sduit ukuran 20 ml, Sarung tangan (hand scun), Kamera, Tally sheet, Alat tulis, kertas label, Timbang digital ketelitian 0,0 gr, Corong Plastik, Gelas ukur 250 ml dan Karung.

Penelitian ini dilaksanakan di Perumahan Mendalo Asri blok V007 RT 05 RW 07 Desa Mendalo Indah kecamatan Jambi Luar Kota. Penelitian dilakukan dari tanggal 24 Agustus 2023 sampai dengan tanggal 13 September 2023. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah feses babi sebanyak berapa 20 kg yang diperoleh dari peternakan babi Pak Aseng di Pijoan, babi tersebut dikasih makan ampas tahu dan dedak padi, EM4 pertanian produksi PT. Songgolangit Persada, Molasses, HC₃COOH (asam cuka) 25% dan air. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Thermometer digital merek dongguan xintai co., Ltd , pH meter merek smart easy to use, Sensor MQ-4, Botol ukuran 500 ml, Sduit ukuran 20 ml, Sarung tangan (hand scun), Kamera, Tally sheet, Alat tulis, kertas label, Timbang digital ketelitian 0,0 gr, Corong Plastik, Gelas ukur 250 ml dan Karung.

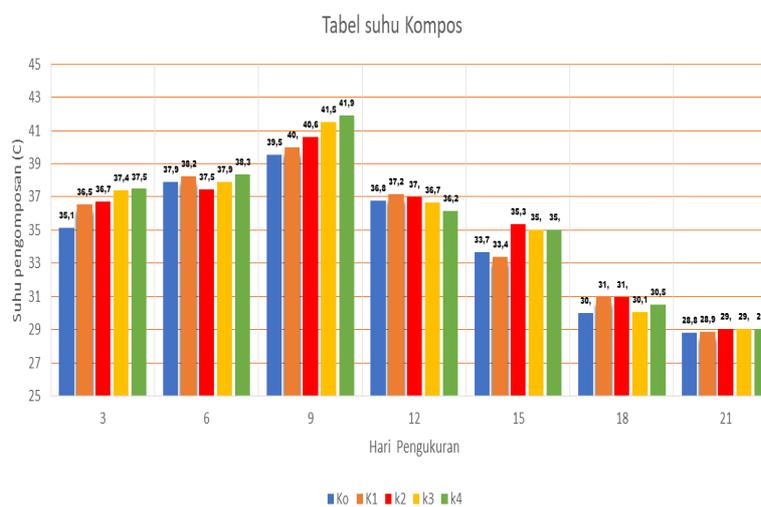
Setiap 3 hari sekali dilakukan pengukuran pH menggunakan pH meter, suhu dan kelembapan dengan termometer digital, Gas metan dengan Sensor MQ-4, setelah 21 hari dilakukan pengukuran penyusutan feses dengan rumus penyusutan kompos.

$$\text{Penyusutan feses} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} * 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN HASIL

Suhu Pengomposan

Pengamatan/pengukuran suhu pada pembuatan kompos sangat diperlukan, karena dapat menunjukkan terjadinya tahap-tahap pada proses pengomposan, menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan-bahan organik. Perubahan suhu pada proses pengomposan feses babi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perubahan suhu pada proses pengomposan feses babi

Pada Gambar 1. menunjukkan bahwa penambahan EM4 berpengaruh terhadap suhu dari proses pengomposan feses babi ($P < 0,05$). Selama proses pengomposan suhu kompos mengalami kenaikan dan penurunan sampai pengamatan 21 hari. Pengukuran suhu pada hari ke-3 sampai hari ke-9 mengalami peningkatan secara drastis yang menandakan respon dari pemberian EM4. Pada hari ke-9 suhu kompos pada perlakuan K0 mencapai $39,53^{\circ}\text{C}$, perlakuan K1 $39,98^{\circ}\text{C}$, perlakuan K2 $40,62^{\circ}\text{C}$, perlakuan K3 $41,49^{\circ}\text{C}$ dan perlakuan K4 $41,92^{\circ}\text{C}$, sesudah hari ke-9 sampai hari ke-21 suhu mengalami penurunan. Suhu berangsur-angsur menurun dikarenakan berkurangnya bahan organik yang dapat diurai oleh mikroorganisme, dan mengindikasikan kompos mulai matang (Amalia dan Widiyaningrum, 2016). Pada hari ke-21 suhu kompos perlakuan K0 mencapai $28,78^{\circ}\text{C}$, perlakuan K1 $28,89^{\circ}\text{C}$, perlakuan K2 $29,04^{\circ}\text{C}$, perlakuan K3 $29,04^{\circ}\text{C}$ dan perlakuan K4 $29,01^{\circ}\text{C}$

Adanya perubahan suhu pada proses pengomposan feses babi dalam penelitian ini, disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Perkembangan mikroorganisme berjalan dengan baik dilihat dari perubahan suhu merombak bahan organik kompos (Saputri, 2023). Dalam proses pengomposan ada 3 tahap, yaitu pada tahap awal di sebut fase mesofilik yang terjadi pada mulai

pembuatan kompos dan pada suhu rendah, berikutnya fase termofilik yaitu proses dekomposisi kompos pada suhu tinggi untuk mengurai dan menghancurkan bahan pembuatan kompos menjadi bahan organik, dan terakhir adalah fase pendinginan atau pematangan kompos yang ditandai dengan suhu akhir kompos hampir sama dengan suhu awal pengomposan .

Yuniwati *et al.*, (2012) menjelaskan mikroorganisme pada fase termofilik (suhu 40-60°C) bertugas untuk menggunakan karbohidrat dan protein, sehingga bahan kompos dapat terdegradasi dengan cepat. Sebagian besar bakteri metanogenik adalah mesofilik dengan suhu optimum antara 30-40°C. Dalam penelitian ini gas CH₄ paling tinggi dihasilkan pada hari ke-9 dengan kisaran suhu 39,63-42,92°C. Menurut Yamane dan Sato, (1961) bahwa pembentukan CH₄ di rizosfir tertinggi dicapai pada suhu 40°C. Selama proses pengomposan gas CH₄ akan mengalami reaksi yang sama seperti fermentasi enterik jika suhu berkisar 38-40°C.

Selulosa dan hemiselulosa dalam feses didegradasi oleh mikroba melalui proses metanogenesis, sehingga menghasilkan CH₄ sebagai salah satu produk sampingan. Selanjutnya pada fase pendinginan, suhu akhir semua perlakuan sudah mendekati atau sama dengan suhu awal kompos (30°C). Hal kemungkinan disebabkan karena tumpukan kompos sudah mengalami fase pendinginan dan kompos sudah matang. Hasil pengukuran suhu pada hari ke-21 penelitian ini memperlihatkan bahwa suhu akhir kompos sudah sesuai dengan suhu tanah yaitu < 30°C.

Kelembapan

Kelembapan dari proses pengomposan feses babi Kompos yang diberi Perlakuan EM4 (%) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rataan kelembapan dari proses pengomposan feses babi Kompos yang diberi Perlakuan EM4 (%)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	U1	U2	U3	U4	
K0	87,36	87,19	87,46	87,06	87,27 ^a ±0,18
K1	86,36	85,88	86,27	86,75	86,31 ^b ±0,36
K2	86,15	86,19	85,75	85,05	85,79 ^c ±0,53
K3	85,92	85,35	85,53	85,99	85,70 ^c ±0,31
K4	85,39	85,44	85,83	85,90	85,64 ^c ±0,26

Keterangan : Superskrip dengan huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P< 0,05).

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan EM4 dalam pembuatan kompos berpengaruh nyata terhadap kelembapan kompos (P<0.05). Dalam penelitian ini rataan kelembapan proses pengomposan adalah kisaran 85,64– 87,27. Kelembapan yang terjadi selama proses pengomposan memiliki fluktuasi harian yang hampir sama. Kelembapan dalam penelitian ini cukup tinggi akibat aktivitas mikroorganisme. Kelembapan bahan kompos berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam pengomposan (Yenie, 2008).

Kelembapan optimum untuk pengomposan aerob adalah 50 – 60%. Apabila kurang dari 50% maka pengomposan berlangsung lambat, namun apabila lebih dari 60% menyebabkan unsur

hara tercuci dan oksigen dalam kompos berkurang. Akibatnya aktivitas mikroorganisme aerob menurun dan digantikan mikroorganisme anaerob sehingga terjadi fermentasi anaerob (Kusumawati, 2011). Menurut Juanda *et al.*, (2011) jika tumpukan terlalu lembab maka proses dekomposisi akan terhambat, ini dikarenakan kandungan air akan menutupi rongga udara di dalam tumpukan. Kekurangan oksigen mengakibatkan mikroorganisme aerobik mati dan akan tergantikan oleh mikroorganisme anaerobik yang menghasilkan gas metana (CH₄).

Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) dari proses pengomposan feses babi Kompos yang diberi Perlakuan EM4 (%) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rataan Derajat Keasaman (pH) dari proses pengomposan feses babi Kompos yang diberi Perlakuan EM4 (%)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	U1	U2	U3	U4	
K0	6,21	6,30	6,59	6,79	6,47 ^c ±0,26
K1	6,63	6,64	6,57	6,63	6,62 ^c ±0,03
K2	6,89	6,81	6,81	6,83	6,84 ^a ±0,03
K3	6,76	6,73	6,71	6,74	6,74 ^{ab} ±0,02
K4	6,66	6,69	6,73	6,70	6,69 ^b ±0,03

Keterangan : Superskrip dengan huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P < 0,05).

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan EM4 dalam pembuatan kompos berpengaruh nyata terhadap pH kompos (P<0.05). Rataan pH kompos adalah kisaran 6,47– 6,84. Derajat keasaman (pH) pengomposan dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu kelembapan, aerasi dan fluktuasi suhu pengomposan yang terkait dengan aktivitas mikroorganisme pengurai. Djuarnani *et al.*, (2009) menyatakan bahwa perubahan pH menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme yang dapat mendegradasi bahan organik dan mikroorganisme yang terlibat dalam proses pengomposan mengubah bahan organik menjadi asam organik.

Pada proses selanjutnya, mikroorganisme akan mengkonversi asam organik yang terbentuk, sehingga bahan memiliki derajat asam yang tinggi mendekati netral. Dalam dekomposisi bahan organik akan terjadi proses amonifikasi yang menghasilkan ion OH⁻ yang dapat menetralkan aktivitas ion H⁺ (Siregar *et al.*, 2017), sehingga dapat memberi pengaruh pada pH kompos. Apabila Nilai pH di bawah 6,5 maka aktifitas bakteri metanogen akan menurun dan jika nilai pH di bawah 5,0, maka fermentasi akan berhenti (Khaerunnisa dan Rahmawati, 2013).

Secara keseluruhan rata-rata pH kompos dari semua perlakuan yaitu kisaran 6,47– 6,84. pH kompos berbahan dasar feses babi yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih tinggi dari pH kompos yang dihasilkan Seseray *et al.*, (2012) yang berbahan dasar feses babi dan limbah ampas sagu dengan pH 6,33. Namun, lebih rendah dari hasil penelitian Saputri, (2023) yang berbahan dasar feses sapi yang mana pH kompos yang dihasilkan yaitu 7,39 dengan kisaran 7,27-7,52. pH yang paling tinggi dihasilkan pada rata-rata K2 dengan pH 6,84 .

Gas Metana (CH₄)

Emisi gas metana (CH₄) dari proses pengomposan feses babi Kompos yang diberi Perlakuan EM4 (%) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Emisi gas metana (CH₄) dari proses pengomposan feses babi Kompos yang diberi Perlakuan EM4 (%)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata (PPM)
	U1	U2	U3	U4	
K0	96381,34	96381,36	96381,65	96381,36	96381,43 ^a ±0,15
K1	96379,60	96379,43	96379,60	96379,87	96379,62 ^b ±0,18
K2	96379,39	96379,27	96379,85	96378,61	96379,28 ^c ±0,51
K3	96379,44	96379,13	96379,19	96378,83	96379,15 ^c ±0,25
K4	96378,45	96378,67	96379,14	96379,63	96378,97 ^c ±0,52

Keterangan : Superskrip dengan huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P < 0,05), satuan Gas metana (CH₄) yang digunakan parts per million (PPM).

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan EM4 dalam pembuatan kompos berpengaruh nyata terhadap Emisi gas metana (CH₄) (P<0.05). Rataan emisi gas metana (CH₄) yang dihasilkan dari proses pengomposan feses babi yakni 96378,97 - 96381,43 ppm, dan emisi yang paling tinggi dihasilkan K0. Feses babi mengandung bahan organik seperti protein, karbohidrat, dan lemak yang dapat digunakan sebagai sumber pakan dan energi untuk pertumbuhan bakteri anaerob.

Emisi gas metana (CH₄) menunjukkan jumlah gas metana (CH₄) yang dilepaskan ke udara. Perbedaan nilai emisi gas metana (CH₄) yang ini disebabkan oleh adanya perbedaan aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik (Septeyadi, 2019). Emisi gas CH₄ paling tinggi dihasilkan pada hari ke-9, karena kondisi suhu dan kelembapan yang baik untuk pertumbuhan substrat dan metanogenik. Degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme anaerob memanfaatkan nutrisi untuk metabolismenya seperti VFA, CO₂, dan H₂ untuk menghasilkan gas metana (CH₄). Menurut Seseray *et al.*, (2012) peranan bakteri sangat mempengaruhi proses fermentasi dalam pembentukan gas metana (CH₄) dari bahan organik.

Penyusutan Kompos

Penyusutan kompos dari proses pengomposan feses babi Kompos yang diberi Perlakuan EM4 (%) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penyusutan dari proses pengomposan feses babi Kompos yang diberi Perlakuan EM4 (%)

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata (g)
	U1	U2	U3	U4	
K0	24,00	21,70	21,80	22,60	22,53±1,06
K1	23,60	22,80	24,50	23,50	23,60±0,70
K2	21,80	22,00	21,90	22,80	22,13±0,46
K3	21,40	22,30	21,70	22,90	22,08±0,67
K4	22,20	23,30	23,30	22,50	22,83±0,56

Keterangan : Satuan Penyusutan yang digunakan gram (g).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan EM4 dalam pembuatan kompos berbahan dasar feses babi berpengaruh tidak nyata terhadap penyusutan kompos ($P>0.05$). Penyusutan adalah proses pengomposan menandakan kompos sudah mengalami tahap pematangan. Penguraian bahan-bahan organik akan menghasilkan panas yang menguapkan air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2). Rataan penyusutan kompos selama 21 hari dari semua perlakuan adalah 22,63%. Penyusutan kompos ini lebih tinggi dari penelitian Saputri,(2023) yang mendapatkan penyusutan kisaran 19,15-20,67%.

Hal ini menunjukkan terjadinya aktivitas mikroorganisme yang mendekomposisi bahan kompos berukuran besar. Proses degradasi menjadi lebih cepat dikarenakan adanya penambahan bioaktivator sebagai sumber mikroorganisme pengurai dan akibatnya bahan organik cepat lapuk dan volume menjadi turun (Amalia dan Widiyaningrum, 2016). Bahan-bahan organik diurai menjadi unsur-unsur yang dapat diserap oleh mikroorganisme, maka ukuran bahan organik berubah menjadi partikel kecil, yang menyebabkan volume kompos berkurang. Hal ini sesuai dengan pendapat Saputri, (2023) yang menyatakan bahwa penyusutan kompos disebabkan terjadinya perombakan bahan oleh mikroba sehingga kadar air bahan berkurang.

KESIMPULAN

Estimasi emisi gas metana (CH_4) dari proses pengomposan feses babi (*Sus scrofa domestica*) yang paling baik untuk mitigasi emisi gas metana (CH_4) dengan menggunakan EM4 konsentrasi 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D., dan Widiyaningrum, P. 2016. Penggunaan EM4 dan Mol limbah tomat sebagai bioaktivator pada pembuatan kompos. *Life Science*, 5(1), 18–24.
- Badan Pusat Statistik. BPS. 2023. Direktorat Jendral Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementan.
- Djuarnani, M. S. I. N., Kristian Budi Susilo, dan Setiawa. 2009. *Cara Cepat Membuat Kompos*. Agro Media. Jakarta.
- Gibra Khaerunnisa, and Rahmawati, I. 2013. Pengaruh pH dan rasio COD:N terhadap biogas dengan bahan baku limbah industri alkohol (Vinasse). *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(3):, 1–7.
- Juanda, Irfan, dan Nurdiana. 2011. Pengaruh metode dan lama fermentasi terhadap mutu MOL (Mikroorganisme Lokal). *J. Floratek*, 6, 140–143.
- Kusumawati, N. 2011. Evaluasi perubahan temperatur, pH dan kelembapan media pada pembuatan vermi kompos dari campuran jerami padi dan kotoran sapi menggunakan *lumbricus rubellus*. *Inotek*, 15(1), 45–56.
- Madeira, J. G. F., Oliveira, E. M., Springer, M. V., Cabral, H. L., Barbeito, D. F. do C., Souza, A. P. G., Moura, D. A. da S., and Delgado, A. R. S. 2021. Hydrogen production from swine manure biogas via steam reforming of methane (SRM) and water gas shift (WGS): A ecological, technical, and economic analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(13), 8961–8971. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.01.015>

- Muslimin, Y. S., Novita, E., dan Indarto. 2013. Aplikasi EM4 (*Effective Microorganism*) dalam pengolahan limbah cair MOCAF (*Modified cassava Flour*). Skripsi Universitas Jember, Jawa Timur.
- Philippe, F. X., Laitat, M., Canart, B., Vandenheede, M., and Nicks, B. 2007. Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter. *Livestock Science*, 111(1–2), 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.12.012>
- Ririn, Y., Pioh D, D., dan Nangoi, R. 2022. Pengaruh inkubasi kotoran babi sebagai pupuk Organik terhadap pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca sativa L.*). *Journal Agroecotechnology Applied*, 3(2), 470–477.
- Saputri, E. W. 2023. Pengaruh penambahan *Effective Microorganism 4* (EM4) terhadap kualitas kompos campuran feses sapi dan pelepasan sawit. Skripsi, Universitas Jambi, Jambi.
- Septyadi, M. D. 2019. Emisi gas metana sedimen keramba situ gantung dengan penambahan substrat kompetitif dan substrat non-kompetitif. Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Setiyana, D., Pertiwining, A., dan Purwanto, B. H. 2018. Evaluasi Emisi Gas metan (CH₄) Pada Feses Sapi Potong Yang Terolah Dan Tidak Terolah. Skripsi Uiversitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Seseray, D. Y., Triatmojo, S., dan Pratiwiningrum, A. 2012. Pemanfaatan feses babi (*sus sp*) sebagai sumber gas bio dengan penambahan ampas sagu (*Metroxylon spp.*) pada taraf rasio C/N yang berbeda. *Buletin Peternakan*, 36(3), 205–213. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v36i3.1630>
- Siregar, P., Fauzi, dan Suproadi. 2017. Pengaruh pemberian beberapa sumber bahan organik dan masa inkubasi terhadap beberapa aspek kimia kesuburan tanah ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 5(2), 256–264.
- Steel, R. G. D., dan Torrie, J. H. 1995. *Prinsip dan prosedur statistika suatu pendekatan biometrik (Principles and procedures of statistics)* (Ed. 2, Cet). Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Suarez-Belloch, J., Doti, S., Rodríguez-Romero, N., Guada, J. A., Fondevila, M., and Latorre, M. A. 2013. Hindgut fermentation in pigs induced by diets with different sources or starch. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(3), 780–789. <https://doi.org/10.5424/sjar/2013113-3958>
- Sundari, E., Sari, E., dan Rinaldo, R. 2012. Pembuatan pupuk organik cair menggunakan biokatalisator Biosca dan EM4. *Prosiding Sntk topi* 5(2), 93–97. Pekanbaru.
- Syarifuddin, H., Rahman sy, A., dan Suryono. 2021. Strategi Mitigasi Gas CH₄ Dari Pengelolaan Kotoran Sapi Bali. Seminar Nasional Pertanian 2021. 198–207 28 Oktober 2021. UINSGD Bandung.
- Widiada, I. M., Kartini, N. L., dan Wijaya, G. 2022. Pengaruh jenis limbah pertanian dan konsentrasi EM4 terhadap kandungan unsur hara pupuk organik cair. *Agrotrop : Journal on Agriculture Science*, 12(2), 190–203. <https://doi.org/10.24843/ajoas.2022.v12.i02.p02>

- Yamane, I., and Sato, S. 1961. Effect of temperature on the formation of gases and ammonium nitrogen in the waterlogged soils. *Institute of Agricultural Research.*, 12, 1–10.
- Yenie, E. 2008. Kelembapan dan suhu kompos sebagai parameter yang mempengaruhi proses pengomposan pada unit pengomposan rumbai. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 7(2), 58–61.
- Yuniwati, M., Iskarima, F., dan Padulemba, A. 2012. Optimasi kondisi proses pembuatan kompos dari sampah organik dengan cara fermentasi menggunakan EM4. In *Jurnal Teknologi* .Vol. 5 (2), 172–181.

