

**Dinamika Populasi Bakteri Asam Laktat dan Jamur Dekomposer pada Pembuatan Pupuk Organik Berbasis Feses Sapi Menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL)**  
*(Population Dynamics of Lactic Acid Bacteria and Decomposer Fungi in Cow Manure-Based Organic Fertilizer Production Using Local Microorganisms (MOL))*

Wayan Wariata <sup>1\*</sup>, Ulfa Aulia <sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Program Studi S1 Peternakan, Fakultas Peternakan Universitas Mataram

<sup>\*</sup>) Penulis Korespondensi: [wariatawayan@gmail.com](mailto:wariatawayan@gmail.com)

Diterima: 21/06/2026, Disetujui: 30/06/2026

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik fisik pupuk organik dan mengkaji dinamika populasi bakteri asam laktat (BAL) serta jamur selama fermentasi feses sapi menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL). Penelitian dilaksanakan pada Desember 2025–Januari 2026 di UD Kilometer 9, Kelurahan Sasake, Kecamatan Praya Tengah, Kabupaten Lombok Tengah dan Laboratorium Mikrobiologi Pangan Universitas Mataram. Pupuk dibuat melalui fermentasi feses sapi selama 30 hari dengan penambahan MOL sebagai bioaktivator. Parameter yang diamati meliputi aroma, tekstur, warna, suhu, pH, total BAL, dan total jamur. Analisis mikrobiologi dilakukan menggunakan metode Total Plate Count (TPC), sedangkan data kuantitatif dianalisis dengan uji Independent Samples t-test pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk fermentasi mengalami perubahan fisik menuju kondisi matang yang ditandai aroma tanah, tekstur remah, warna hitam, suhu mendekati lingkungan (25°C), dan pH 5,8–6,6. Rata-rata total BAL pada pupuk alami sebesar 3,38 log CFU/g, lebih tinggi dibandingkan pupuk fermentasi sebesar 2,71 log CFU/g ( $p < 0,05$ ). Sebaliknya, total jamur pada pupuk fermentasi mencapai 2,58 log CFU/g, lebih tinggi dibandingkan pupuk alami sebesar 1,98 log CFU/g ( $p < 0,05$ ). Fermentasi menggunakan MOL memengaruhi komposisi mikroorganisme dekomposer dan berpotensi meningkatkan aktivitas jamur dalam proses dekomposisi bahan organik.

**Kata kunci:** Feses sapi, mikroorganisme lokal, bakteri asam laktat, jamur dekomposer

**ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the physical characteristics of organic fertilizer and investigate the population dynamics of lactic acid bacteria (LAB) and fungi during the fermentation of cattle feces using Local Microorganisms (MOL). The research was conducted from December 2025 to January 2026 at UD Kilometer 9, Sasake Village, Praya Tengah District, Central Lombok Regency, and the Food Microbiology Laboratory, University of Mataram. Organic fertilizer was produced through a 30-day fermentation process of cattle feces with the addition of MOL as a bioactivator. The observed parameters included odor, texture, color, temperature, pH, total LAB, and total fungal populations. Microbiological analysis was performed using the Total Plate Count (TPC) method, while quantitative data were analyzed using an Independent Samples t-test at a 5% significance level. The results showed that the fermented fertilizer underwent physical changes indicative of maturity, characterized by an earthy odor, crumbly texture, black color, temperature approaching ambient conditions (25°C), and a pH ranging from 5.8 to 6.6. The average total LAB population in natural fertilizer was 3.38 log CFU/g, significantly higher than that in fermented fertilizer, which was 2.71 log CFU/g ( $p < 0.05$ ). In contrast, the total fungal population in fermented fertilizer reached 2.58 log CFU/g, significantly higher than that in natural fertilizer at 1.98 log CFU/g ( $p < 0.05$ ). Fermentation using MOL influenced the composition of decomposer microorganisms and has the potential to enhance fungal activity during the decomposition of organic matter.

**Keywords:** Cattle feces, local microorganisms, lactic acid bacteria, decomposer fungi

## PENDAHULUAN

Peningkatan populasi ternak sapi di Indonesia berkontribusi terhadap meningkatnya jumlah limbah feses yang dihasilkan. Apabila tidak dikelola secara baik, limbah tersebut dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air, munculnya bau tidak sedap, serta berkembangnya mikroorganisme patogen yang berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pengelolaan limbah peternakan yang tepat menjadi salah satu aspek penting dalam mendukung sistem peternakan yang berkelanjutan (Arifin, 2016). Selain mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, pengolahan limbah ternak juga dapat meningkatkan nilai tambah ekonomi melalui pemanfaatannya sebagai pupuk organik (Fajar & Perwitasari, 2020).

Pupuk organik merupakan sumber bahan organik yang berperan penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Penggunaan pupuk organik secara berkelanjutan dapat meningkatkan kesuburan tanah sekaligus mendukung produktivitas tanaman dalam jangka panjang. Dibandingkan pupuk anorganik, pupuk organik memiliki keunggulan dalam memperbaiki struktur tanah dan menjaga keseimbangan mikroorganisme tanah (Sanjaya *et al.*, 2023). Salah satu bahan yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik adalah feses sapi karena memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan rasio C/N yang mendukung proses dekomposisi (Widodo, 2020).

Proses pengolahan feses sapi menjadi pupuk organik umumnya dilakukan melalui dekomposisi atau fermentasi yang melibatkan aktivitas berbagai mikroorganisme dekomposer. Mikroorganisme seperti *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Actinomycetes sp.*, dan beberapa jenis jamur berperan dalam menguraikan senyawa organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan mudah dimanfaatkan oleh tanaman (Shobib, 2020; Suharjo, 2021). Aktivitas mikroorganisme tersebut dapat ditingkatkan melalui penambahan bioaktivator seperti Effective Microorganisms (EM4), molases, maupun Mikroorganisme Lokal (MOL) yang berfungsi sebagai sumber inokulum dan nutrisi bagi mikroba dekomposer (Nuraini *et al.*, 2021; Rahmadani *et al.*, 2023).

Mikroorganisme Lokal (MOL) merupakan bioaktivator yang dikembangkan dari bahan-bahan lokal yang mengandung berbagai kelompok mikroba fungsional. Penggunaan MOL dinilai lebih ekonomis dan mudah diterapkan oleh peternak dibandingkan bioaktivator komersial. Selain mempercepat proses dekomposisi, keberadaan MOL juga berpotensi memengaruhi dinamika populasi mikroorganisme selama proses fermentasi, termasuk bakteri asam laktat dan jamur dekomposer yang memiliki peran penting dalam pembentukan pupuk

organik berkualitas (Yunilas *et al.*, 2022).

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan efektivitas MOL dalam mempercepat pengomposan, informasi mengenai perubahan populasi mikroorganisme dekomposer selama proses fermentasi feses sapi masih terbatas, khususnya terkait dinamika bakteri asam laktat dan jamur. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik fisik pupuk organik hasil fermentasi feses sapi serta menganalisis keberadaan dan jumlah bakteri asam laktat serta jamur dekomposer selama proses pengomposan menggunakan MOL.

## MATERI DAN METODE PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2025 hingga Januari 2026 di UD Kilometer 9, Kelurahan Sasake, Kecamatan Praya Tengah, Kabupaten Lombok Tengah dan Laboratorium Mikrobiologi Pangan Universitas Mataram.

### Pembuatan Mikroorganisme Lokal (MOL)

MOL dibuat menggunakan campuran molases, EM4, air cucian beras, garam, air, dan terasi. Sebanyak satu gelas molases dicampurkan dengan satu tutup botol EM4, kemudian ditambahkan air, garam, air cucian beras, dan terasi sebanyak 4,2 g. Seluruh bahan dihomogenkan dan difermentasi secara anaerob dalam wadah tertutup hingga diperoleh larutan MOL yang siap digunakan sebagai bioaktivator.

### Pembuatan Pupuk Organik

Feses sapi terlebih dahulu dikeringkan untuk mengurangi kadar air. Selanjutnya feses dicampurkan dengan tanah dan larutan MOL hingga homogen. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam lubang fermentasi berdiameter 23 cm dan kedalaman  $\pm 30$  cm, dipadatkan secukupnya, lalu ditutup menggunakan tanah. Proses fermentasi berlangsung selama 30 hari.

### Pengambilan Sampel

Setelah fermentasi selesai, sampel pupuk diambil secara aseptik dari bagian atas, tengah, dan bawah media fermentasi. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam wadah steril dan dibawa ke laboratorium untuk analisis lebih lanjut.

### Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati meliputi: Karakteristik fisik pupuk (aroma, tekstur, warna, suhu, dan pH). Total bakteri asam laktat (BAL). Total jamur. Pengamatan aroma, tekstur, dan warna dilakukan secara visual. Suhu dan pH diukur pada hari ke-14, 21, dan 30 menggunakan alat 4

in 1 Soil Analyzer.

### Analisis Total Bakteri Asam Laktat

Jumlah BAL dianalisis menggunakan metode Total Plate Count (TPC) pada media de Man Rogosa Sharpe (MRS) agar. Sampel sebanyak 1 g diencerkan secara serial menggunakan peptone water 0,1%, kemudian diinokulasikan dengan metode pour plate dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24–48 jam. Koloni yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam satuan CFU/g (Sukmawati & Fahrizal, 2018).

### Analisis Total Jamur

Jumlah jamur dianalisis menggunakan metode Total Plate Count (TPC) pada media Potato Dextrose Agar (PDA). Sampel sebanyak 1 g diencerkan secara serial menggunakan larutan NaCl 0,9%, kemudian diinokulasikan dengan metode pour plate dan diinkubasi pada suhu 25°C selama 72–120 jam. Koloni yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam satuan CFU/g (Sukmawati & Fahrizal, 2018).

### Analisis Data

Data jumlah BAL dan jamur dianalisis menggunakan uji Independent Samples t-test pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ) untuk mengetahui perbedaan antara pupuk alami dan pupuk fermentasi. Data karakteristik fisik dianalisis secara deskriptif..

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Fisik Pupuk Organik

Hasil pengamatan fisik pupuk selama proses fermentasi disajikan pada Tabel 1. Parameter yang diamati meliputi aroma, tekstur, warna, suhu, dan pH sebagai indikator tingkat kematangan pupuk organik.

Tabel 1. Hasil Uji Fisik Pupuk

Parameter	Parameter		
	Hari Ke 14	Hari Ke 21	Hari Ke 30
Aroma	Netral	Bau Tanah	Bau Tanah
Tekstur	Menggumpal	Sedikit Menggumpal	Remah
Warna	Coklat Tua	Coklat Tua	Hitam
Suhu	28 °C	27 °C	25°C
PH	6.3	6.6	5.8

Berdasarkan hasil pengamatan, terjadi perubahan karakteristik fisik yang menunjukkan berlangsungnya proses dekomposisi bahan organik. Aroma pupuk berubah dari netral pada hari ke-14 menjadi aroma tanah pada hari ke-21 dan ke-30. Aroma tanah merupakan salah satu

indikator kematangan kompos yang dihasilkan oleh aktivitas mikroorganisme pengurai, terutama melalui pembentukan senyawa geosmin selama proses dekomposisi bahan organik (Muliani, 2022). Menurut SNI 19-7030-2004, kompos yang matang ditandai dengan aroma menyerupai tanah dan tidak berbau menyengat.

Perubahan tekstur juga menunjukkan perkembangan proses pengomposan. Tekstur yang awalnya menggumpal pada hari ke-14 berubah menjadi sedikit menggumpal pada hari ke-21 dan menjadi remah pada hari ke-30. Kondisi ini menunjukkan bahwa bahan organik telah mengalami degradasi secara bertahap akibat aktivitas mikroorganisme dekomposer yang menguraikan senyawa kompleks seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin menjadi senyawa yang lebih sederhana (Ferreira, 2018). Tekstur remah mengindikasikan bahwa pupuk telah mencapai tingkat kematangan yang baik dan lebih mudah diaplikasikan ke lahan pertanian (Villalba *et al.*, 2020).

Warna pupuk mengalami perubahan dari coklat tua pada hari ke-14 dan ke-21 menjadi hitam pada hari ke-30. Perubahan warna ini menunjukkan terbentuknya senyawa humus yang lebih stabil sebagai hasil akhir proses dekomposisi. Warna yang semakin gelap merupakan indikator meningkatnya tingkat kematangan pupuk organik dan kualitas bahan organik yang telah terurai dengan baik (Zhen *et al.*, 2022).

Suhu pupuk mengalami penurunan bertahap dari 28°C pada hari ke-14 menjadi 27°C pada hari ke-21 dan 25°C pada hari ke-30. Penurunan suhu menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme telah beralih dari fase aktif menuju fase pematangan. Suhu yang mendekati suhu lingkungan merupakan salah satu indikator bahwa proses pengomposan telah selesai dan kompos berada dalam kondisi stabil (Dewilda dan Listya, 2017; Chinakwe *et al.*, 2019; Khater, 2016).

Nilai pH pupuk berkisar antara 5,8–6,6 selama proses fermentasi. Pada hari ke-14 pH sebesar 6,3 meningkat menjadi 6,6 pada hari ke-21, kemudian menurun menjadi 5,8 pada hari ke-30. Fluktuasi pH tersebut berkaitan dengan dinamika aktivitas mikroorganisme dan pembentukan metabolit selama fermentasi. Meskipun terjadi perubahan nilai pH, kisaran tersebut masih memenuhi standar pupuk organik berdasarkan SNI 7763:2024 yaitu pH 4–9, sehingga masih mendukung aktivitas mikroba tanah dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Pan *et al.*, 2020).

### **Total Bakteri Asam Laktat (BAL)**

Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata total BAL pada pupuk alami (P0) sebesar 3,38 log CFU/g, sedangkan pada pupuk fermentasi (P1) sebesar 2,71 log CFU/g. Hasil uji

Independent Samples t-test menunjukkan adanya perbedaan nyata antara kedua perlakuan ( $p=0,007$ ;  $p<0,05$ ) (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Uji Analisis Total BAL pada Pupuk Alami dan Fermentasi

Perlakuan	Rata rata Total BAL (LogCFU/g) ( $\pm$ ) Standar Deviasi	P-value (Sig.)
Pupuk Alami (P0)	3,38 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	0,007
Pupuk Fermentasi (P1)	2,71 $\pm$ 0,21 <sup>b</sup>	

Nilai merupakan rerata  $\pm$  standar deviasi. Superskrip huruf yang berbeda (a, b) menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% ( $p<0,05$ ) berdasarkan uji Independent Samples t-test.

Tingginya populasi BAL pada pupuk alami diduga disebabkan oleh kondisi lingkungan yang masih relatif stabil dan belum mengalami perubahan kimia yang signifikan. Ketersediaan nutrisi yang masih utuh memungkinkan BAL tumbuh bersama kelompok mikroorganisme lainnya tanpa adanya tekanan lingkungan yang kuat. Kondisi tersebut mendukung keberagaman mikroba sehingga populasi BAL relatif lebih tinggi (Yunilas *et al.*, 2022).

Sebaliknya, pada pupuk fermentasi terjadi penurunan jumlah BAL. Selama proses fermentasi, BAL menghasilkan asam laktat yang menyebabkan lingkungan menjadi lebih asam. Akumulasi asam organik tersebut dapat menghambat pertumbuhan sebagian mikroorganisme, termasuk beberapa kelompok BAL yang kurang toleran terhadap kondisi asam yang berlebihan. Hasil penelitian ini sejalan dengan Andreev (2017) yang melaporkan bahwa fermentasi dapat menurunkan populasi BAL akibat perubahan kondisi lingkungan selama proses fermentasi berlangsung. Selain itu, Bartkiene (2017) menyatakan bahwa produksi asam laktat selama fermentasi dapat menciptakan tekanan selektif yang mempengaruhi dinamika populasi mikroorganisme.

### Total Jamur

Hasil analisis total jamur menunjukkan bahwa pupuk fermentasi (P1) memiliki jumlah jamur yang lebih tinggi yaitu 2,58 log CFU/g dibandingkan pupuk alami (P0) sebesar 1,98 log CFU/g. Hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan nyata antara kedua perlakuan ( $p=0,045$ ;  $p<0,05$ ).

Rendahnya populasi jamur pada pupuk alami diduga karena proses dekomposisi berlangsung secara spontan tanpa penambahan aktivator. Akibatnya, bahan organik kompleks seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa terurai lebih lambat sehingga ketersediaan nutrisi bagi pertumbuhan jamur menjadi terbatas (Filimonenko & Kuzyakov, 2025).

Sebaliknya, penambahan MOL pada pupuk fermentasi berperan sebagai bioaktivator yang mempercepat proses penguraian bahan organik. Mikroorganisme yang terkandung dalam

MOL bekerja secara sinergis menghasilkan senyawa sederhana yang lebih mudah dimanfaatkan oleh jamur sebagai sumber energi dan karbon. Kondisi tersebut menciptakan lingkungan yang lebih mendukung pertumbuhan dan kolonisasi jamur pengurai (Cahyani *et al.*, 2023).

Peningkatan populasi jamur pada perlakuan fermentasi menunjukkan bahwa penggunaan MOL efektif dalam mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Jamur berperan penting dalam menghasilkan enzim ekstraseluler yang mampu menguraikan bahan berserat tinggi sehingga mempercepat pembentukan kompos yang matang dan stabil. Temuan ini sesuai dengan pendapat Marrs (2016) yang menyatakan bahwa mikroorganisme lokal mampu mempercepat suksesi mikroba yang menguntungkan selama proses dekomposisi.

### KESIMPULAN

Fermentasi feses sapi menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL) mampu menghasilkan pupuk organik yang matang secara fisik, ditandai oleh aroma tanah, tekstur remah, warna hitam, suhu mendekati lingkungan, serta pH berkisar 5,8–6,6 yang masih memenuhi standar pupuk organik. Secara mikrobiologis, pupuk alami memiliki total bakteri asam laktat lebih tinggi (3,38 log CFU/g) dibandingkan pupuk fermentasi (2,71 log CFU/g), sedangkan total jamur lebih tinggi pada pupuk fermentasi (2,58 log CFU/g) dibandingkan pupuk alami (1,98 log CFU/g). Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan MOL mempengaruhi dinamika populasi mikroorganisme dekomposer dan berpotensi meningkatkan proses dekomposisi bahan organik pada pembuatan pupuk dari feses sapi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Hanung Dhidhik. (2016). Daur Ulang Kotoran Ternak Sebagai Upaya Mendukung Peternakan Sapi Potong Yang Berkelanjutan di Desa Jagonayan Kecamatan Ngablak Kabupaten Magelang. 5(1).
- Andreev, N. (2017). Lactic acid fermentation of human excreta for agricultural application.
- Bartkiene, E. (2017). Possible Uses of Lactic acid Bacteria for Food and Feed Production. 4(4).
- Cahyani, V. R., Rahayu, R., Lakshitarsari, K. P., Megow, R. A. Z. W., & Azzahra, N. Y. (2023). Composting of Rice Straw-Based Materials using Aerobic Bioactivator Isolated from Rice Straw, Mahogany Bark and Cassava Peels. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v39i1.74297>.
- Chinakwe, E. C., Nwogwugwu, U. N., Ibekwe, V. I., Nwachukwu, I. N., Ihejirika, C. E., Ofoegbu, C. J., Chinakwe, P. O., & Mejeha, O. K. (2019). Changes in Microbial Population Numbers during Composting of Some Organic Wastes in Greenhouse. 1–

10.

- Dewilda dan Listya. (2017). Pengaruh Komposisi Bahan Baku Kompos (Sampah Organik Pasar, Ampas Tahu, dan Rumen Sapi) terhadap Kualitas dan Kuantitas Kompos. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 14 (1) : 52-61.
- Fajar, M., & Perwitasari, F. D. (2020). Manajemen pengolahan limbah ud ternak jaya. <https://doi.org/10.32534/jkd.v12i2.3186>.
- Ferreira, A. K. da C., Dias, N. da S., Ferreira, D. A. da C., Sousa Júnior, F. S. de, Leite, M. de S., Porto, V. C. N., Fernandes, C. dos S., Souza, B. G. de A., Silva, J. F. da, & Andrade, L. M. de. (2018). Monitoring of physical parameters in organic waste composting. *Journal of Agricultural Science*, 10(7), 464–470.
- Filimonenko, E., & Kuzyakov, Y. (2025). Activation Energy of Organic Matter Decomposition in Soil and Consequences of Global Warming. *Global Change Biology*, 31(9). <https://doi.org/10.1111/gcb.70472>.
- Hartono, S., & Syamsudin, M. (2022). Pemanfaatan limbah ternak dalam sistem pertanian terpadu. *Jurnal Peternakan Tropis*, 9(3), 221–230.
- Larangahan, A., Bagau, B., Imbar, M. R., & Liwe, H. (2017). Pengaruh penambahan molases terhadap kualitas fisik dan kimia silase kulit pisang sepatu (*Musa paradisiaca formatypica*). *Jurnal Zootek*, 37(1), 156–166.
- Maksimovich, N. G., Demenev, A. D., & Khmurchik, V. T. (2021). Transformation of the Mineral Composition of Dispersed Soil under Microbiological Impact. 20(1), 24–32.
- Muliani, Sri. 2022. Uji Karakteristik Fisik (pH, Suhu, Tekstur, Warna, Bau dan Berat) Kompos Tumbuhan Pakis Resam (*Gleichenia linearis*) yang Diperkaya Kotoran Sapi. *Green Swarnadwipa: Jurnal Pengembangan Ilmu Pertanian*.
- Marrs, R. H. (2016). Ecological restoration: Soil microbes call the shots. *Nature Plants*, 2(8), 16117.
- Nuraini, L., Prabowo, D., & Astuti, R. (2021). Efektivitas penambahan EM4 dan molases terhadap kualitas pupuk organik padat. *Jurnal Ilmu Pertanian Terapan*, 6(2), 78–85.
- Pan, L., Xusheng, C., Wang, K.-F., & Mao, Z. (2020). Mechanisms of response to pH shock in microbial fermentation. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 43(3), 361–372. <https://doi.org/10.1007/S00449-019-02232-4>
- Prescott, C. E., Grayston, S. J., Helmisaari, H.-S., Kaštovská, E., Körner, C., Lambers, H., Meier, I. C., Millard, P., & Ostonen, I. (2020). Surplus carbon drives allocation and plant–soil interactions. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(12), 1110–1116. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.08.007>.
- Rahmadani, E., Anshari, D., & Salsabila, F. (2023). Optimalisasi fermentasi limbah ternak menggunakan molases untuk peningkatan kandungan hara. *Jurnal Sains Bioteknologi Pertanian*, 11(1), 56–65.
- Sanjaya, P., Tantalo, S., Sirat, M. M. P., Fauzan, T. A., & Fauzi, T. A. (2023). Peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani dalam proses pembuatan pupuk organik di desa margomulyo kecamatan tegineneng kabupaten pesawaran. <https://doi.org/10.23960/jpfp.v2i1.7107>
- Shobib, A. (2020). Pembuatan pupuk organik dari kotoran sapi dan jerami padi dengan

proses fermentasi menggunakan bioaktivator m-dec. 5(1).  
<https://doi.org/10.31942/INTEKA.V5I1.3399>

- Stevenson, F. J., & Cole, M. A. (2019). *Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. John Wiley & Sons
- Sukmawati, R. & Fahrizal, A. (2018). Analisis cemaran mikroba pada daging ayam broiler di kota Makassar. *Scripta Biologica*, 5(1), 51–53..
- Suharjo, R. (2021). Mikroba dekomposer dan aplikasinya dalam pengolahan limbah organik. *Jurnal Mikrobiologi Terapan Indonesia*, 9(3), 140–150.
- Sutanto, R. (2020). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Yogyakarta: Kanisius.
- Villalba, L., Paolini, J., & Rocha, C. A. (2020). Some biological parameters in the evaluation of the stability and maturity of two compost. 38(1), 06–30.
- Yunilas, Y., Siregar, A. Z., Mirwhandhono, E., Purba, A., Fati, N., & Malvin, T. (2022). Potensi dan Karakteristik Larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) Berbasis Limbah Sayur sebagai Bioaktivator dalam Fermentasi. *Journal of Livestock and Animal Health*, 5(2), 53–59.
- Zhen, X., Tan, C., Li, Z. H., Lin, Z., Zhang, Y., & Kang, J. (2022). Humus Transformation and Compost Maturity Indexes in High-Temperature Composting of Livestock and Poultry Manure. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 16(2), 329–335.