

Uji Kualitas Kompos Feses Ayam Petelur Berdasarkan Variasi Dosis Probiotik Dan Lama Pengomposan

Quality Measurement of Laying Hen Manure Compost Based on Variation of Probiotic Dosage and Composting Duration

Ucup Supriatna*, Rachmat Somanjaya, Oki Imanudin

Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Majalengka
Jl. K.H. Abdul Halim No. 103 Majalengka, Jawa Barat 45418, Indonesia

*Corresponding author: ucupsupriatna126@gmail.com

ABSTRACT

This research was carried out from July 30 to September 2 2024. This research aims to test the quality of laying chicken feses compost based on variations in probiotic dosage and composting time. The variations in probiotic doses used were 0%, 5%, 10%, and 15%, with composting times of 14, 21, and 28 days. This research used a Completely Randomized Design (CRD) method with a 4 x 3 factorial pattern, namely four levels of probiotic dosage and three levels of composting time, with each treatment combination repeated three times. The data obtained were analyzed using the General Linear Model and continued with the Tukey test to determine differences between treatments at the 5% level. The parameters measured include nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), and composting temperature. The results showed that the addition of probiotics and composting time had a significant effect on compost quality ($P < 0.05$). The interaction between probiotic dose and composting time did not have a significant impact. A 10% probiotic dose produced the highest nitrogen (1.33%) and phosphorus (0.37%) content on day 28, which meets compost quality standards based on the Indonesian National Standard (SNI). The highest potassium content (2.17%) was found at a 5% probiotic dose on day 28. Composting temperature reached its peak on day 21, with the highest temperature in the 5% probiotic treatment (36°C). The conclusion from this research is that a 10% probiotic dose with a composting time of 28 days is an ideal combination to produce high quality laying hen feses compost.

Keywords: *Compost quality, Composting duration, Layer chicken manure, Probiotics.*

PENDAHULUAN

Peternakan ayam petelur memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan protein hewani, melalui produksi telur yang menjadi sumber nutrisi bagi manusia. Namun, pertumbuhan industri ini juga menyebabkan peningkatan produksi limbah yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan baik. Limbah yang dihasilkan peternakan ayam petelur meliputi feses ayam, sisa pakan, dan bahan organik lain yang berasal dari proses produksi. Limbah ini mengandung nutrisi seperti nitrogen dan fosfor yang, apabila tidak dikelola dengan tepat, dapat mencemari udara, air tanah, dan perairan sungai, serta mengganggu ekosistem perairann (Prasanthi *et al.*, 2016).

Dampak negatif dominan yang ditimbulkan dari usaha peternakan ayam yaitu berasal dari limbah feses ayam. Limbah yang dihasilkan dari usaha peternakan ayam terutama berupa air buangan, feses ayam dan bau yang kurang sedap. Bau yang dikeluarkan berasal dari unsur nitrogen dan sulfida dalam feses ayam, yang selama proses dekomposisi akan terbentuk gas amonia, nitrit, dan gas hidrogen sulfida. Hal ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan masyarakat di sekitar peternakan maupun gangguan terhadap ternak itu sendiri sehingga dapat

menyebabkan produktivitas ayam dan ekonomis yang menurun (Skóra *et al.*, 2016).

Selain itu, limbah peternakan juga dapat menyebabkan terjadinya efek rumah kaca yang berkontribusi pada perubahan iklim global jika tidak dikelola secara efektif. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan metode pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pengelolaan limbah yang paling mudah untuk diaplikasikan dan telah lama digunakan yaitu sebagai pupuk pertanian. Feses ayam memiliki kandungan nitrogen yang tinggi, dan sangat berbau pengelolannya tidak semudah dibandingkan limbah organik lainnya. Dengan melakukan pengomposan diharapkan limbah tersebut tidak lagi menimbulkan persoalan serius bagi lingkungan.

Proses pengomposan secara alami memerlukan waktu yang cukup lama, yaitu sekitar enam bulan hingga satu tahun. Salah satu upaya untuk mengatasi kondisi tersebut yaitu mempercepat proses pengomposan dengan cara meningkatkan kandungan bahan organik berupa biodekomposer. Pemanfaatan atau penggunaan biodekomposer selain mempercepat proses pengomposan juga dapat menekan perkembangan spora, larva insekta dan biji gulma (Huzairi *et al.*, 2022; Roy *et al.*, 2022).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, untuk mengukur efektivitas probiotik menjadi biodekomposer dalam pengomposan feses ayam petelur perlu dilakukan uji lapangan melalui penelitian tentang “Uji Kualitas Kompos Feses Ayam Petelur Berdasarkan Variasi Dosis Probiotik dan Lama pengomposan”. Diharapkan hasil penelitian dapat menjadi solusi dalam memecahkan masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah kotoran unggas, khususnya ayam ras petelur.

OBJEK DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Feses ayam petelur yang telah didekomposisi sebanyak 576Kg, air, molases, probiotik, dan bekatul atau dedak. Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah karung sebanyak 36 lembar, terpal, timbangan, drum plastik, ember, sekop, gelas ukur, thermometer, pH meter, alat tulis, dan sarung tangan.

Metode

Penelitian dilaksanakan dengan metode eksperimental yang di susun berdasarkan Rancangan acak Lengkap (RAL) pola faktorial 4x3 untuk dosis probiotik dan lama pengomposan. Setiap kombinasi perlakuan diberikan pengulangan sebanyak 3 kali, sehingga terbentuk sebanyak 36 unit perlakuan. Kedua faktor perlakuan tersebut yaitu:

Faktor I (dosis probiotik):

D0 = tanpa penambahan (0 ml) Probiotik sebagai kontrol;

D1 = 5 % Probiotik dari volume air;

D2 = 10 % Probiotik dari volume air; dan

D3 = 15 % Probiotik dari volume air

Faktor II (lama pengomposan):

H14 = Lama pengomposan 14 hari

H21 = Lama pengomposan 21 hari

H28 = Lama pengomposan 28 hari

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dari penelitian ini adalah karakteristik fisik kompos meliputi (warna, tekstur pH dan suhu) dan karakteristik kimia atau hara kompos meliputi kandungan N, P dan K.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 23 Juli sampai 2 September 2024 yang berlokasi di Blok Sukamandi Kelurahan Mekarraharja Kecamatan Talaga Kabupaten Majalengka. Selanjutnya, untuk pengujian karakteristik meliputi karakteristik fisik dan karakteristik kimia dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik Kompos

Derajat pH Kompos

Karakteristik fisik kompos dari feses ayam petelur meliputi: pH, suhu, warna dan tekstur yang merupakan parameter uji dalam penelitian ini dan tersaji Tabel 1.

Tabel 1. Derajat pH kompos feses ayam petelur dengan penambahan dosis probiotik dan lama pengomposan yang berbeda

Dosis	Lama pengomposan			Rata-rata	Nilai signifikansi (p-value)		
	H14	H21	H28		Dosis	Durasi	Interaksi
D0	6,1±0,28	5,8±0,28	5,5±0,00	5,8±0,35			
D1	6,1±0,28	6,0±0,00	5,5±0,00	5,8±0,33			
D2	6,3±0,28	5,6±0,28	5,6±0,28	5,8±0,41	0,95	0,00	0,28
D3	6,1±0,28	6,5±0,28	5,8±0,28	5,8±0,33			
Rata-rata	6,2±0,25 ^a	5,7±0,25 ^b	5,6±0,22 ^b				

Keterangan: D0 = Dosis probiotik 0%; D1 = Dosis probiotik 5%; D2 = Dosis probiotik 10%; D3 = Dosis probiotik 15%; H14 = lama pengomposan hari ke-14; H21 = lama pengomposan hari ke-21; dan H28 = lama pengomposan hari ke-28; Superscript berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) yang dipengaruhi oleh faktor lama pengomposan.

Data yang terlihat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat nilai Signifikansi sebesar 0,953 (95,3%) untuk faktor dosis probiotik, artinya bahwa variasi dosis probiotik (0%, 5%, 10%, dan 15%) tidak memberikan pengaruh signifikan ($P > 0,05$) terhadap pH. Dengan demikian, penambahan probiotik dalam pengomposan tidak secara signifikan mengubah nilai pH selama proses dekomposisi. Hal ini bisa disebabkan oleh mekanisme probiotik yang lebih berperan dalam meningkatkan aktivitas mikroorganisme pengurai tanpa secara langsung mengubah kondisi kimiawi, seperti pH, pada pengomposan (Lim *et al.*, 2015)

Selanjutnya, faktor waktu (lama pengomposan) menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan terhadap pH dengan nilai Signifikansi 0,000 ($P < 0,05$). Artinya, pH berubah secara signifikan seiring berjalannya lama pengomposan. Pada fase awal pengomposan, pH cenderung sedikit asam atau netral karena adanya akumulasi asam organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme mesofilik. Seiring berjalannya waktu, pH menurun seiring aktivitas mikroorganisme yang memecah bahan organik, terutama saat memasuki fase termofilik, dan biasanya cenderung stabil mendekati netral atau sedikit basa pada fase akhir pengomposan (Nemet *et al.*, 2021).

Interaksi antara dosis probiotik dan lama pengomposan memiliki nilai signifikansi sebesar 0,281, yang menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi ($P > 0,05$) antara kedua faktor tersebut terhadap nilai pH kompos. Meskipun variasi dosis probiotik mempengaruhi kualitas kompos secara keseluruhan, interaksi dengan lama pengomposan tidak memiliki dampak yang berarti terhadap perubahan pH. Ini mengindikasikan bahwa, meskipun probiotik berfungsi dalam meningkatkan laju dekomposisi, perubahan pH lebih ditentukan oleh tahapan lama pengomposan dibandingkan dengan dosis probiotik (Simandi *et al.*, 2005).

Suhu Kompos

Data yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa dosis probiotik tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap suhu pengomposan ($P > 0.05$). Hal ini menunjukkan bahwa variasi dosis probiotik (0%, 5%, 10%, 15%) tidak secara langsung mempengaruhi perubahan suhu dalam proses pengomposan. Faktor suhu pada pengomposan lebih dipengaruhi oleh variabel lain seperti lama pengomposan, dibandingkan dengan dosis probiotik. Dalam penelitian serupa, beberapa studi menunjukkan bahwa meskipun probiotik membantu dalam dekomposisi bahan organik, pengaruhnya terhadap suhu biasanya tidak signifikan (Nemet *et al.*, 2021).

Faktor lamanya pengomposan menunjukkan pengaruh yang sangat ($p < 0,05$) terhadap suhu. Hal ini berarti bahwa lama lama pengomposan mempengaruhi suhu secara substansial. Pada fase awal pengomposan (H14), suhu cenderung lebih rendah dan kemudian meningkat pada hari ke-21 (H21) saat aktivitas mikroorganisme dalam proses dekomposisi berada di puncaknya, sebelum akhirnya menurun kembali pada H28. Temuan ini sesuai dengan pola umum dalam proses pengomposan, di mana fase termofilik mencapai puncaknya di tengah proses pengomposan (Vargas-García *et al.*, 2010).

Sementara itu, nilai interaksi antara dosis probiotik dan lama pengomposan menunjukkan angka sebesar 0.095 ($p > 0.05$). Artinya, meskipun tidak terdapat interaksi antara faktor dosis probiotik dengan lamanya pengomposan, terdapat kecenderungan bahwa kombinasi dosis probiotik tertentu dan lama pengomposan dapat mempengaruhi suhu kompos. Dengan kata lain, meskipun dosis probiotik secara mandiri tidak signifikan mempengaruhi suhu, interaksinya dengan waktu mungkin berperan dalam proses pengomposan yang lebih efisien. Dengan demikian, suhu pengomposan lebih dipengaruhi oleh lama lama pengomposan daripada variasi dosis probiotik. Waktu yang lebih lama memberikan ruang bagi peningkatan aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan panas, terutama pada fase termofilik. Namun, dosis probiotik berperan dalam meningkatkan kualitas hasil kompos meskipun dampaknya pada suhu tidak signifikan. Selama proses pengomposan terjadi perubahan suhu, suhu hasil penelitian tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Suhu kompos feses ayan petelur dengan penambahan dosis probiotik dan lama pengomposan yang berbeda

Dosis	Lama pengomposan			Rata-rata	Nilai signifikansi (p-value)		
	H14	H21	H28		Dosis	Waktu	Interaksi
D0	29,33±0,57	34,00±1,0 0	31,66±1,5 2	31,66±2,2 3			
D1	29,33±0,57	36,00±0,0 0	31,66±1,5 7	32,33±2,9 5			
D2	29,66±0,57	35,33±0,5 7	30,33±0,5 7	31,77±2,7 2	0,36	0,00	0,09
D3	29,66±0,57	35,33±1,1 5	30,66±1,5 7	31,88±2,7 5			
Rata-rata	29,50±0,52 c	35,16±1,0 2 ^a	31,08±1,0 8 ^b				

Keterangan: D0 = Dosis probiotik 0%; D1 = Dosis probiotik 5%; D2 = Dosis probiotik 10%; D3 = Dosis probiotik 15%; H14 = lama pengomposan hari ke-14; H21 = lama pengomposan hari ke-21; dan H28 = lama pengomposan hari ke-28; Superscript berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) dipengaruhi oleh faktor lama pengomposan.

Warna Kompos

Parameter yang menjadi salah satu penentu indikator visual kualitas kompos yaitu warna.

Warna kompos hasil penelitian tersaji pada Tabel.3

Tabel 3. Warna kompos feses ayam petelur dengan penambahan dosis probiotik dan lama pengomposan yang berbeda

Dosis	Lama pengomposan		
	H14	H21	H28
D0	Coklat kekuningan	Coklat kekuningan	Kecoklatan
D1	Coklat kekuningan	Kecoklatan	Coklat kehitaman
D2	Coklat kekuningan	Kecoklatan	Coklat kehitaman
D3	Coklat kekuningan	Kecoklatan	Coklat kehitaman

Keterangan: D0 = Dosis probiotik 0%, D1 = Dosis probiotik 5%, D2 = Dosis probiotik 10%, D3 = Dosis probiotik 15%, H14 = lama pengomposan hari ke-14, H21 = lama pengomposan hari ke-21, dan H28 = lama pengomposan hari ke-28.

Pada fase awal pengomposan (hari ke-14), warna kompos pada semua perlakuan cenderung masih dominan coklat kekuningan, menandakan bahwa proses dekomposisi belum berlangsung optimum. Warna ini umumnya disebabkan oleh kandungan bahan organik yang masih tinggi dan belum terurai secara sempurna. Menurut Simanungkalit *et al.*, (2006) warna coklat kekuningan pada kompos di tahap awal sering kali terkait dengan keberadaan senyawa nitrogen yang belum terurai, serta kandungan serat dari feses ayam yang masih terlihat.

Perubahan warna kompos mulai terjadi pada hari ke-21 terutama pada perlakuan dengan penambahan probiotik dosis 5% (D1) dan 10% (D2), di mana kompos mulai berwarna lebih gelap, mendekati coklat tua. Warna gelap ini mencerminkan peningkatan aktivitas mikroorganisme dalam memecah bahan organik, terutama lignin dan selulosa, sehingga kompos terlihat lebih matang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Simanungkalit *et al.*, (2006) yang menyebutkan bahwa semakin gelap warna kompos, semakin tinggi tingkat dekomposisinya, yang menunjukkan bahwa materi organik yang lebih kompleks sedang terurai. Pada perlakuan tanpa probiotik (D0), perubahan warna masih belum terlalu signifikan, di mana kompos tetap lebih cerah dibandingkan perlakuan yang menggunakan probiotik. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan probiotik mempercepat proses dekomposisi, yang juga memengaruhi perubahan warna kompos.

Warna kompos hari ke-28 pada semua perlakuan cenderung mendekati coklat kehitaman, terutama pada dosis probiotik D1 dan D2. Warna coklat kehitaman merupakan salah satu tanda bahwa kompos sudah matang dan siap digunakan sebagai pupuk. Menurut Dewilda dan Apris, (2016), kompos yang matang biasanya ditandai dengan warna yang semakin gelap, akibat dari terurainya bahan organik kompleks seperti lignin, serta pembentukan humus yang stabil.

Perlakuan dengan dosis 15% probiotik (D3) dan 10% probiotik (D2) menunjukkan warna yang sedikit lebih terang dibandingkan dosis 5% (D1) pada hari ke-28. Ini bisa jadi disebabkan oleh adanya kelebihan mikroorganisme dari probiotik yang menyebabkan penguraian berlangsung lebih cepat, tetapi tidak seimbang dengan kebutuhan waktu stabilisasi. Berdasarkan penelitian Suhesy dan Adriani (2020), penggunaan dosis probiotik yang terlalu tinggi bisa mengakibatkan penguraian cepat pada awal pengomposan, tetapi tidak memberikan cukup waktu untuk pembentukan humus yang stabil, sehingga kompos tidak mencapai warna yang gelap sempurna.

Warna kompos berubah seiring dengan lama pengomposan dan dosis probiotik yang digunakan. Pada awal pengomposan, kompos cenderung berwarna coklat kekuningan, menandakan bahwa proses dekomposisi belum optimum.

Namun, pada hari ke-21 dan hari ke-28, kompos berubah menjadi lebih gelap, terutama pada perlakuan dengan dosis probiotik 5% (D1) dan 10% (D2), yang menunjukkan aktivitas mikroba yang lebih baik dan tingkat kematangan yang lebih tinggi. Warna coklat kehitaman

pada akhir pengomposan adalah indikasi bahwa kompos sudah matang dan siap digunakan.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 19-7030-2004) (Badan Standardisasi Nasional, 2004) tentang spesifikasi kompos dari sampah organik, salah satu indikator kematangan kompos adalah warna yang harus berubah menjadi coklat kehitaman pada akhir proses pengomposan. Warna coklat kehitaman ini merupakan salah satu tanda bahwa bahan organik telah terdekomposisi dengan baik dan kompos siap digunakan sebagai pupuk organik. Berdasarkan hasil pengamatan pada penelitian ini, kompos dengan penambahan probiotik pada dosis 5%, 10%, dan 15% pada hari ke-28 telah memenuhi standar warna yang ditetapkan oleh SNI. Sementara itu, pembuatan kompos tanpa penambahan probiotik (D0) pada hari yang sama belum sepenuhnya mencapai warna coklat kehitaman, sehingga belum dapat dianggap sepenuhnya matang.

Tekstur Kompos

Parameter yang menjadi salah satu penentu indikator visual kualitas kompos yaitu tekstur. Tekstur kompos hasil penelitian tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Tekstur kompos feses ayam petelur dengan penambahan dosis probiotik dan lama pengomposan yang berbeda

Dosis	Lama pengomposan		
	H14	H21	H28
D0	Agak Kasar	Agak Kasar	Agak Kasar
D1	Agak Kasar	Agak Remah	Remah
D2	Agak Kasar	Agak Remah	Remah
D3	Agak Kasar	Agak Remah	Agak Remah

Keterangan: D0 = Dosis probiotik 0%, D1 = Dosis probiotik 5%, D2 = Dosis probiotik 10%, D3 = Dosis probiotik 15%, H14 = lama pengomposan hari ke-14, H21 = lama pengomposan hari ke-21, dan H28 = lama pengomposan hari ke-28.

Data yang terlihat pada Tabel 4 menjelaskan bahwa pada tahap awal pengomposan, yaitu hari ke-14, kompos pada semua perlakuan masih memiliki tekstur agak kasar, dengan butiran feses ayam yang masih terlihat jelas. Hal ini disebabkan oleh proses dekomposisi yang baru dimulai, sehingga bahan organik belum sepenuhnya terurai. Menurut penelitian oleh Sri Muliani, (2022) bahwa tekstur yang masih kasar pada awal pengomposan disebabkan oleh kandungan lignoselulosa yang tinggi dalam feses ayam, yang memerlukan waktu lebih lama untuk terurai. Pada tahap ini, meskipun ada penambahan probiotik, perbedaan tekstur antar dosis probiotik belum signifikan, karena mikroorganismenya masih dalam tahap adaptasi terhadap substrat.

Pada hari ke-21, perubahan tekstur mulai terlihat, terutama pada perlakuan dengan penambahan probiotik dosis 5% (D1), 10% (D2) dan 15% (D3). Kompos pada ketiga perlakuan ini menunjukkan tekstur agak remah (lebih halus) dibandingkan dengan perlakuan tanpa probiotik (D0), butiran feses ayam mulai menyatu dan lebih mudah diurai. Penambahan probiotik mempercepat penguraian komponen organik kompleks seperti serat, protein, dan lemak, yang memperbaiki tekstur kompos. Menurut penelitian oleh Suhesy dan Adriani, (2020), probiotik mengandung mikroorganismenya seperti bakteri asam laktat yang mempercepat degradasi bahan organik kompleks, sehingga memperbaiki tekstur kompos lebih cepat. Pada fase termofilik ini, aktivitas mikroorganismenya berada pada puncaknya, yang mengakibatkan tekstur kompos berubah dari kasar menjadi lebih halus.

Pada hari ke-28, kompos pada semua perlakuan, terutama dengan dosis probiotik 5% (D1) dan 10% (D2) menunjukkan tekstur remah, menandakan bahwa proses dekomposisi

sudah hampir selesai. Tekstur kompos pada dosis 15% (D3) masih sedikit lebih kasar (agak remah) dibandingkan dengan tanpa probiotik yang lebih rendah. Ini mungkin disebabkan oleh tingginya jumlah probiotik yang mengakibatkan penguraian cepat pada awal pengomposan, tetapi tidak cukup waktu untuk stabilisasi akhir. Sesuai dengan penelitian Sri Muliani, (2022), kompos yang matang biasanya memiliki tekstur yang halus, dengan partikel-partikel yang kecil dan seragam. Hal ini disebabkan oleh penguraian penuh senyawa organik yang kompleks menjadi humus, sehingga menghasilkan kompos dengan tekstur yang lembut dan mudah dihancurkan.

Pada perlakuan tanpa probiotik (D0), kompos memiliki tekstur yang lebih kasar dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan probiotik. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan mikroorganisme alami dalam feses untuk memecah bahan organik dengan efisiensi yang sama seperti perlakuan yang menggunakan probiotik. Menurut Suhesy dan Adriani, (2020), kompos tanpa penambahan mikroorganisme tambahan cenderung memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai tekstur yang halus karena keterbatasan populasi mikroorganisme pengurai alami. Penggunaan probiotik hingga 10% membantu mempercepat proses dekomposisi bahan organik kompleks, sehingga menghasilkan kompos dengan tekstur yang lebih baik. Tekstur yang halus pada kompos menandakan bahwa kompos sudah matang dan siap digunakan sebagai pupuk organik.

**Karakteristik Kimia Kompos
Kandungan Nitrogen (N) Kompos**

Kandungan nitrogen dalam kompos adalah salah satu parameter penting yang digunakan untuk menilai kualitas kompos sebagai pupuk organik. Hasil analisis kandungan N pada kompos feses ayam petelur dengan penambahan dosis probiotik dan lama pengomposan yang berbeda tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Kandungan Nitrogen (%) pada kompos feses ayan petelur dengan penambahan dosis probiotik dan lama pengomposan yang berbeda

Dosis	Lama pengomposan			Rata-rata	Nilai signifikansi (p value)		
	H14	H21	H28		Dosis	Waktu	Interaksi
D0	0,55±0,10	0,74±0,13	0,85±0,04	0,71±0,15 ^c			
D1	0,77±0,10	0,86±0,08	1,03±0,07	0,89±0,1 ^b			
D2	0,89±0,10	1,12±0,19	1,33±0,09	1,11±0,22 ^a	0,00	0,00	0,42
D3	0,74±0,11	1,11±0,11	1,21±0,10	1,02±0,23 ^a			
Rata-rata	0,74±0,15 ^c	0,96±0,20 ^b	1,11±0,20 ^a				

Keterangan: D0 = Dosis probiotik 0%, D1 = Dosis probiotik 5%, D2 = Dosis probiotik 10%, D3 = Dosis probiotik 15%, H14 = lama pengomposan hari ke-14, H21 = lama pengomposan hari ke-21, dan H28 = lama pengomposan hari ke-28; Superscript berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata (p<0,05) dipengaruhi secara tunggal oleh faktor dosis probiotik atau lama pengomposan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor dosis probiotik memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap kandungan nitrogen, dengan nilai signifikansi 0,000 (P<0,05). Ini menunjukkan bahwa variasi dosis probiotik secara signifikan memengaruhi kandungan nitrogen dalam kompos. Penambahan probiotik pada dosis tertentu dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam proses pengomposan, yang menyebabkan peningkatan dekomposisi bahan organik menjadi bentuk-bentuk yang lebih sederhana, termasuk senyawa nitrogen (Sánchez *et al.*, 2017).

Kandungan nitrogen dalam kompos merupakan salah satu indikator penting dari kualitas

kompos. Pengomposan merupakan proses aerobik yang mengubah bahan organik menjadi senyawa stabil melalui aktivitas mikroba (Sánchez *et al.*, 2017). Proses ini melibatkan empat fase: mesofilik awal, termofilik, mesofilik kedua, dan pematangan (Nemet *et al.*, 2021). Faktor-faktor utama yang memengaruhi pengomposan meliputi rasio C/N, kelembapan, suhu, dan kandungan oksigen (Lim *et al.*, 2015). Mikroorganisme, terutama bakteri, jamur, dan aktinomisetes, memainkan peran penting dalam menguraikan molekul kompleks seperti lignin dan selulosa (Nemet *et al.*, 2021).

Inokulasi dengan mikroba yang bermanfaat dapat meningkatkan proses pengomposan dengan mempercepat dekomposisi bahan organik, mineralisasi, dan aktivitas enzim (Roy *et al.*, 2022). Pendekatan ini dapat meningkatkan kesuburan tanah, produktivitas tanaman, dan toleransi tanaman terhadap stres (Lim *et al.*, 2015). Produk akhir kompos berkontribusi pada perbaikan tanah dan menyediakan nutrisi bagi tanaman (Sánchez *et al.*, 2017). Kematangan kompos dinilai melalui tampilan fisik, sifat kimia, dan tidak adanya racun dan patogen (Lim *et al.*, 2015).

Pada penelitian ini, dosis probiotik yang lebih tinggi dapat ~~eenderung~~ meningkatkan kandungan nitrogen, karena probiotik mampu merangsang pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam siklus nitrogen, seperti penguraian protein dan konversi nitrogen organik menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman, seperti nitrat (NO_3^-) dan amonium (NH_4^+) (Amoo and Babalola, 2017).

Probiotik memainkan peran penting dalam merangsang mikroorganisme yang terlibat dalam siklus nitrogen, yang penting untuk nutrisi tanaman dan ekosistem perairan. Mikroorganisme pengubah nitrogen, termasuk bakteri pengoksidasi amonia dan archaea, mengubah nitrogen organik menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman seperti nitrat dan amonium (Amoo and Babalola, 2017). Mikroorganisme ini membentuk jaringan kompleks di berbagai lingkungan, yang memengaruhi pertumbuhan tanaman dan efisiensi penggunaan nitrogen (Kuypers *et al.*, 2018). Dalam akuakultur, probiotik membantu memperbaiki kondisi tanah dengan mengatasi masalah yang terkait dengan produksi amonia dan hidrogen sulfida berlebih, yang diakibatkan oleh akumulasi bahan organik (Manam, 2023). Dengan mendorong mikroorganisme yang bermanfaat, probiotik dapat meningkatkan siklus nutrisi, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan berkontribusi pada praktik akuakultur yang berkelanjutan. Memahami dan memanfaatkan interaksi mikroba ini menawarkan strategi yang menjanjikan untuk meningkatkan hasil panen dan mengelola nitrogen di ekosistem darat dan perairan (Amoo and Babalola, 2017).

Faktor lama pengomposan juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan nitrogen, dengan nilai Signifikansi. 0,00 ($p < 0,05$). Ini menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya lama pengomposan, kandungan nitrogen dalam kompos mengalami perubahan signifikan. Pada fase awal pengomposan, nitrogen cenderung hilang dalam bentuk gas, seperti amonia (NH_3), terutama pada suhu tinggi dalam fase termofilik. Namun, seiring dengan stabilisasi proses pengomposan, nitrogen mulai terserap kembali dalam bentuk yang lebih stabil, seperti senyawa humat dan amonium (Amoo and Babalola, 2017).

Pada akhir lama pengomposan, nitrogen dalam kompos biasanya berada dalam bentuk yang lebih stabil dan tersedia bagi tanaman, yang merupakan salah satu indikator kematangan kompos. Berdasarkan data penelitian ini, lama pengomposan yang lebih lama berhubungan dengan peningkatan kandungan nitrogen, yang mengindikasikan proses dekomposisi yang lebih sempurna.

Interaksi antara dosis probiotik dan lama pengomposan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kandungan nitrogen, dengan nilai Signifikansi. 0,420 ($P > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa efek dosis probiotik dan lama pengomposan bekerja secara independen terhadap kandungan nitrogen, tanpa adanya interaksi yang kuat antara keduanya. Artinya

bahwa meskipun dosis probiotik dan lama pengomposan masing-masing berpengaruh, tidak ada kombinasi spesifik antara kedua faktor ini yang memberikan efek sinergis terhadap peningkatan kandungan nitrogen (Nemet *et al.*, 2021).

Mengacu pada Standar Nasional Indonesia (2004), kandungan nitrogen total yang direkomendasikan untuk kompos berkualitas adalah minimal 0.40%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan nitrogen dalam kompos dari semua perlakuan melebihi standar minimum yang ditetapkan oleh SNI. Bahkan, dengan penambahan probiotik pada dosis 10% dan 15%, kandungan nitrogen meningkat signifikan, mencapai lebih dari 1%, yang menunjukkan kualitas kompos yang sangat baik dalam hal kandungan unsur hara nitrogen (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

Kandungan Fosfor (P) Kompos

Fosfor (P) adalah salah satu unsur hara makro yang penting untuk pertumbuhan tanaman, terutama untuk pembentukan akar. Kandungan fosfor yang cukup dalam kompos sangat penting agar dapat berfungsi sebagai pupuk organik yang efektif. Hasil penelitian pengaruh variasi dosis probiotik dan lama pengomposan terhadap kandungan fosfor dalam kompos feses ayam petelur tersaji pada Tabel 6.

Faktor dosis probiotik memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap kandungan fosfor dalam kompos, dengan nilai signifikansi 0,000 ($P < 0,05$). Ini menunjukkan bahwa penambahan probiotik berpengaruh kuat terhadap peningkatan kadar fosfor dalam kompos. Probiotik berperan dalam meningkatkan aktivitas mikroorganisme, yang dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik dan mineralisasi fosfor sehingga lebih tersedia dalam kompos (Nemet *et al.*, 2021).

Tabel 6. Kandungan Fosfor pada kompos feses ayam petelur dengan penambahan dosis probiotik dan lama pengomposan yang berbeda

Dosis	Lama pengomposan			Rata-rata	Nilai signifikansi (p value)		
	H14	H21	H28		Dosis	Waktu	Interaksi
D0	0,30±0,01	0,31±0,01	0,31±0,01	0,31±0,01 ^c	0,001	0,01	0,043
D1	0,31±0,01	0,33±0,02	0,36±0,01	0,33±0,02 ^b			
D2	0,32±0,01	0,36±0,02	0,37±0,01	0,35±0,02 ^a			
D3	0,32±0,02	0,32±0,02	0,31±0,01	0,31±0,01 ^c			
Rata-rata	0,31±0,01 ^b	0,33±0,02 ^a	0,34±0,02 ^a				

Keterangan: D0 = Dosis probiotik 0%, D1 = Dosis probiotik 5%, D2 = Dosis probiotik 10%, D3 = Dosis probiotik 15%, H14 = lama pengomposan hari ke-14, H21 = lama pengomposan hari ke-21, dan H28 = lama pengomposan hari ke-28; Superscript berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata dan adanya interaksi ($p < 0,05$) antara faktor dosis probiotik dan lama pengomposan.

Penambahan probiotik hingga batas tertentu (10%) secara nyata ($p < 0,05$) meningkatkan kandungan fosfor kompos berbahan dasar feses ayam petelur (Tabel 4.6). Kondisi tersebut dapat berkaitan dengan jumlah mikroorganisme yang hidup selama proses dekomposisi. Inokulasi kompos dengan mikroorganisme tertentu dapat mempercepat dekomposisi bahan organik dan meningkatkan ketersediaan nutrisi, khususnya fosfor (Roy *et al.*, 2022). Contohnya, ko-inokulasi *Burkholderia silvatlantica* dan *Herbaspirillum seropedicae* dalam kompos yang diperkaya batuan fosfat meningkatkan dekomposisi bahan organik, pembentukan asam humat, dan ketersediaan fosfor (Busato *et al.*, 2017). Selain itu, pengenalan enzim pelarut

fosfat, seperti yang diproduksi oleh *Pseudomonas aeruginosa*, dapat secara signifikan meningkatkan pelepasan fosfor anorganik dalam kompos matang (Ortega-Torres *et al.*, 2021). Intervensi mikroba ini tidak hanya meningkatkan kualitas kompos tetapi juga menawarkan alternatif berkelanjutan untuk pupuk kimia, mengatasi masalah lingkungan dan menguntungkan petani skala kecil (Roy *et al.*, 2022; Busato *et al.*, 2017).

Peningkatan fosfor dalam kompos berkaitan dengan kemampuan mikroorganisme dalam melepaskan fosfat organik dari bahan organik melalui proses fosforisasi. Penambahan probiotik membantu meningkatkan populasi mikroorganisme pengurai fosfat, yang dapat menghasilkan lebih banyak fosfor tersedia yang dibutuhkan oleh tanaman (Ortega-Torres *et al.*, 2021).

Selanjutnya, faktor lama pengomposan juga memberikan pengaruh signifikan terhadap kandungan fosfor, dengan nilai signifikansi 0,001 ($p < 0,05$). Ini menunjukkan bahwa semakin lama lama pengomposan, kandungan fosfor dalam kompos mengalami peningkatan signifikan. Pada fase awal pengomposan, fosfor mungkin belum sepenuhnya tersedia karena masih terikat dalam bentuk organik kompleks. Namun, dengan lama pengomposan yang lebih lama, fosfor dalam bahan organik mulai terlepas melalui proses dekomposisi dan mineralisasi, sehingga kandungan fosfor dalam kompos meningkat (Busato *et al.*, 2017). Pada hari ke-28, hasil penelitian menunjukkan peningkatan kadar fosfor yang signifikan dibandingkan dengan hari ke-14. Hal ini mencerminkan kematangan kompos, di mana fosfor telah terlepas dan tersedia dalam bentuk yang lebih dapat diserap oleh tanaman.

Interaksi antara dosis probiotik dan lama pengomposan juga berpengaruh signifikan terhadap kandungan fosfor, dengan nilai signifikansi 0,043 ($P < 0,05$). Ini berarti bahwa kombinasi dosis probiotik tertentu dengan lama pengomposan memengaruhi kandungan fosfor dalam kompos secara bersamaan. Interaksi yang signifikan menunjukkan bahwa untuk mendapatkan kandungan fosfor optimum, diperlukan kombinasi dosis probiotik dan lama pengomposan yang tepat (Kuypers *et al.*, 2018). Sebagai contoh, kombinasi dosis probiotik 10% dan lama pengomposan 28 hari menghasilkan kadar fosfor yang lebih tinggi dibandingkan kombinasi lainnya.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 19-7030-2004), kandungan fosfor dalam kompos organik harus minimal 0,10% untuk dianggap memenuhi standar kualitas kompos. Berdasarkan hasil penelitian ini, kandungan fosfor pada kompos dengan berbagai perlakuan melebihi standar minimum SNI, bahkan mencapai lebih dari 0,30%. Kandungan fosfor yang lebih tinggi ini menunjukkan bahwa kompos yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan berpotensi menjadi sumber hara fosfor yang efektif bagi tanaman (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

Kandungan Kalium (K) Kompos

Kalium (K) merupakan salah satu unsur hara makro yang penting dalam pertumbuhan tanaman, terutama untuk pembentukan jaringan, transport nutrisi, dan ketahanan terhadap stres lingkungan. Hasil penelitian pengaruh variasi dosis probiotik dan lama pengomposan terhadap kandungan kalium dalam kompos feses ayam petelur tersaji pada Tabel 7.

Faktor dosis probiotik memberikan pengaruh signifikan terhadap kandungan kalium dalam kompos dengan nilai signifikansi 0,001 ($P < 0,05$). Ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis probiotik berpengaruh pada kandungan kalium dalam kompos. Penambahan probiotik meningkatkan aktivitas mikroorganisme, yang mempercepat dekomposisi bahan organik dan meningkatkan ketersediaan kalium di dalam kompos.

Tabel 7. Kandungan Kalium pada kompos feses ayan petelur dengan penambahan dosis probiotik dan lama pengomposan yang berbeda

Dosis	Lama pengomposan	Rata-rata	Nilai signifikansi (p)
-------	------------------	-----------	------------------------

	H14	H21	H28	value)			
				Dosis	Waktu	Interaksi	
D0	1,90±0,07	2,01±0,10	2,10±0,07	2,00±0,11 ^b	0,01	0,00	0,73
D1	1,90±0,03	2,05±0,04	2,1±0,14	2,04±0,13 ^b			
D2	2,05±0,08	2,20±0,13	2,30±0,06	2,10±0,13 ^a			
D3	1,97±0,03	2,12±0,03	2,10±0,08	2,06±0,08 ^b			
Rata-rata	0,31±0,01 ^c	0,33±0,02 ^b	0,34±0,02 ^a				

Keterangan: D0 = Dosis probiotik 0%, D1 = Dosis probiotik 5%, D2 = Dosis probiotik 10%, D3 = Dosis probiotik 15%, H14 = lama pengomposan hari ke-14, H21 = lama pengomposan hari ke-21, dan H28 = lama pengomposan hari ke-28; Superscript berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) dipengaruhi secara tunggal oleh faktor dosis probiotik atau lama pengomposan.

Penambahan probiotik sebagai biodekomposer atau bioaktivator dapat mempercepat penguraian bahan organik dan meningkatkan ketersediaan hara dalam kompos (Sumiyati *et al.*, 2022). Penelitian (Yatoo *et al.*, 2022) menunjukkan bahwa kompos yang dilengkapi dengan probiotik menunjukkan peningkatan kadar hara, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium. Proses pengomposan melibatkan empat fase, dengan suhu dan komposisi mikroba yang berubah secara keseluruhan (Roy *et al.*, 2022). Faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan penguraian meliputi rasio C/N, kelembapan, suhu, dan kandungan oksigen (Nemet *et al.*, 2021). Untuk lebih meningkatkan kandungan nutrisi, berbagai strategi telah diusulkan, seperti suplementasi dengan bahan bernitrogen dan inokulasi dengan mikroorganisme yang mampu mengikat nitrogen atmosfer atau melarutkan fosfor dan kalium (Sánchez *et al.*, 2017). Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan nilai pertanian kompos dengan meningkatkan ketersediaan nutrisi yang dapat diasimilasi tanaman.

Secara umum, dosis probiotik 10% memberikan kandungan kalium yang optimum dibandingkan dengan dosis lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah probiotik yang ideal mampu meningkatkan proses dekomposisi, yang berkontribusi pada pelepasan kalium dari bahan organik (Vargas-García *et al.*, 2010). Faktor lama pengomposan juga berpengaruh sangat signifikan terhadap kandungan kalium, dengan nilai signifikansi 0,000 ($P < 0,05$). Ini berarti bahwa kandungan kalium meningkat seiring dengan bertambahnya lama pengomposan. Pada tahap awal pengomposan (H14), kandungan kalium relatif lebih rendah dibandingkan H28. Seiring waktu, bahan organik yang terdekomposisi semakin banyak melepaskan kalium, sehingga kadarnya meningkat (Dewilda & Apris, 2016).

Pada hari ke-28, kalium dalam kompos mencapai nilai tertinggi, yang menunjukkan bahwa pengomposan telah berlangsung cukup matang sehingga unsur-unsur hara seperti kalium menjadi lebih tersedia. Hal ini konsisten dengan temuan bahwa lama pengomposan yang lebih lama memungkinkan pelepasan lebih banyak nutrisi dari bahan organik (Suhesy' & Adriani, 2020).

Interaksi antara dosis probiotik dan lama pengomposan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan kalium, dengan nilai signifikansi 0,736 ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun secara individual dosis dan waktu berpengaruh signifikan, interaksi keduanya tidak memberikan efek sinergis yang signifikan pada kandungan kalium. Kombinasi antara dosis probiotik yang lebih tinggi dan lama pengomposan yang lebih lama tidak selalu menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam kandungan kalium.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 19-7030-2004), kandungan kalium dalam kompos organik minimal adalah 0.20%. Berdasarkan hasil penelitian ini, kandungan kalium dalam kompos melebihi standar SNI, dengan nilai yang mencapai lebih dari 2.0% pada

pengomposan hari ke-28. Ini menunjukkan bahwa kompos yang dihasilkan berkualitas tinggi dalam hal kandungan kalium dan sangat cocok sebagai pupuk organik yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan:

1. Dosis probiotik berpengaruh signifikan terhadap kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam kompos. Dosis probiotik 10% memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan kandungan unsur hara, terutama pada kompos yang dihasilkan setelah 28 hari pengomposan.
2. Lama pengomposan berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter yang diukur. Pengomposan yang lebih lama memberikan hasil yang lebih baik dalam hal stabilitas nutrisi dan ketersediaan hara dalam kompos. Pengomposan selama 28 hari mencapai kematangan yang optimum dengan kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium yang lebih tinggi.
3. Kandungan kalium, nitrogen, dan fosfor dalam kompos melebihi Standar Nasional Indonesia (SNI 19-7030-2004), menunjukkan bahwa kompos yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki kualitas tinggi dan layak digunakan sebagai pupuk organik yang sesuai dengan standar yang berlaku.
4. Interaksi antara dosis probiotik dan lama pengomposan tidak memberikan efek signifikan secara sinergis, tetapi secara individual, kedua faktor tersebut sangat mempengaruhi kualitas kompos.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa dalam proses publikasi artikel ini Rachmat Somanjaya sebagai Reviewer dan Oki Imanudin sebagai Section Editor keduanya tidak ada konflik kepentingan pada jurnal ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah turut membantu selama proses penelitian sampai menjadi artikel ilmiah ini, khususnya kepada Dekan dan sivitas akademika Fakultas Pertanian Universitas Majalengka, keluarga tercinta, dan tim sukses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amoo, A. E., & Babalola, O. O. (2017). Ammonia-oxidizing microorganisms: Key players in the promotion of plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(4), 935–947. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162017000400008>
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. *Badan Standardisasi Nasional*, 12.
- Busato, J. G., Zandonadi, D. B., Mól, A. R., Souza, R. S., Aguiar, K. P., Júnior, F. B. R., & Olivares, F. L. (2017). Compost biofortification with diazotrophic and P-solubilizing bacteria improves maturation process and P availability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), 949–955. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7819>
- Dewilda, Y., & Apris, I. (2016). Studi Optimasi Kematangan Kompos Dari Sampah Organik dengan Penambahan Bioaktivator Limbah Rumen dan Air Lindi. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 6, 95–100.
- Huzairi, M., Zainudin, M., Zulkarnain, A., Azmi, A. S., Muniandy, S., Sakai, K., Shirai, Y., & Hassan, M. A. (2022). Enhancement of Agro-Industrial Waste Composting Process via

- the Microbial Inoculation : A Brief Review. *Agronomy*, *12*, 198.
- Kuypers, M. M. M., Marchant, H. K., & Kartal, B. (2018). The microbial nitrogen-cycling network. *Nature Reviews Microbiology*, *16*(5), 263–276. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2018.9>
- Lim, L. Y., Chua, L. S., & Lee, C. T. (2015). Effects of microbial additive on the physiochemical and biological properties of oil palm empty fruit bunches compost. *Journal of Engineering Science and Technology*, *10*(Spec.issue5), 10–18.
- Nemet, F., Perić, K., & Lončarić, Z. (2021). Microbiological activities in the composting process: A review. *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, *8*(2), 41–53. <https://doi.org/10.18380/szie.colum.2021.8.2.41>
- Ortega-Torres, A. E., Rico-García, E., Guzmán-Cruz, R., Torres-Pacheco, I., Tovar-Pérez, E. G., & Guevara-González, R. G. (2021). Addition of phosphatases and phytases to mature compost to increase available phosphorus: A short study. *Agronomy*, *11*(12). <https://doi.org/10.3390/agronomy11122555>
- Prasanthi, N., Bhargavi, S., Machiraju, P. V. S., & Professor, A. (2016). Chicken Feather Waste-A Threat to the Environment. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *5*(9), 16759–16764. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2016.0509188>
- Roy, D., Gunri, S. K., Neogi, S., Ali, O., Sharma, J., Bhadu, A., & Singh, B. (2022). Effect of Microbes in Enhancing the Composting Process: A Review. *International Journal of Plant & Soil Science*, *34*(23), 630–641. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i232469>
- Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., & Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Management*, *69*(26), 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>
- Simandi, P., Takayanagi, M., & Inubushi, K. (2005). Changes in the pH of two different composts are dependent on the production of organic acids. *Soil Science and Plant Nutrition*, *51*(5), 771–774. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2005.tb00110.x>
- Simanungkalit, R. D. M., Suriadikarta, D. A., Saraswati, R., Setyorini, D., & Hartatik, W. (2006). Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati Organic Fertilizer and Biofertilizer. In *Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian*.
- Skóra, J., Matusiak, K., Wojewódzki, P., Nowak, A., Sulyok, M., Ligocka, A., Okrasa, M., Hermann, J., & Gutarowska, B. (2016). Evaluation of microbiological and chemical contaminants in poultry farms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *13*(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ijerph13020192>
- Sri Muliani, D. O. dan S. (2022). Uji Karakteristik Fisik (pH, Suhu, Tekstur,Warna, Bau Dan Berat) Kompos Tumbuhan Pakis Resam (*Gleichenia Linearis*) Yang Di Perkayakotoran Sapi. *Jurnal Green Swarnadwipa*, *18*(2), 120–122.
- Suhsy', & Adriani. (2020). Pengaruh Probiotik Dan Trichorderma Terhadap Hara Pupuk Kandang Yang Berasal Dari Feses Sapi Dan Kambing. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan Universitas Jambi*, *XVII* (2), 45–53.
- Yatoo, A. M., Bhat, S. A., Ali, M. N., Baba, Z. A., & Zaheen, Z. (2022). Production of Nutrient-Enriched Vermicompost from Aquatic Macrophytes Supplemented with Kitchen Waste: Assessment of Nutrient Changes, Phytotoxicity, and Earthworm Biodynamics. *Agronomy*, *12*(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy12061303>