



Pengaruh Penambahan EM4 dalam Fermentasi Solid Kelapa Sawit terhadap Kualitas Nutrisi Bahan Pakan

(The Effect of EM4 Addition in Palm Oil Solid Fermentation on the Nutritional Quality of Feed Ingredients)

Kade Wahyu Saputri^{1*}, Nur'aini¹, Nining Suningsih¹, Muhammad Hakim¹.

¹ Program Studi Teknologi Produksi Ternak Unggas, Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong, Bengkulu, Indonesia.

* Penulis Korespondensi (kade.wahyu@gmail.com)

Dikirim (*received*): 16 September 2025; dinyatakan diterima (*accepted*): 15 Oktober 2025; terbit (*published*): 25 November 2025. Artikel ini dipublikasi secara daring pada https://ejournal.unib.ac.id/index.php/buletin_pt/index

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effect of the addition of Effective Microorganisms-4 (EM4) on changes in the proximate composition of palm oil solids during the fermentation process. The study design used EM4 treatments with different concentrations (0%, 0.5%, 1.0%, and 1.5% stored for 14 days. The parameters observed included moisture, ash, protein, fat, and crude fiber content. The results showed that moisture and ash content tended to decrease with increasing EM4 concentration and fermentation time. Protein content decreased significantly in the EM4 treatment compared to the control, indicating the utilization of organic nitrogen by microorganisms. Conversely, fat content increased in the 1.5% EM4 treatment, presumably due to the activity of lipolytic enzymes and microbial lipid biosynthesis. Crude fiber content showed a decreasing trend in the EM4 treatment, reflecting the degradation of cellulose and lignin by cellulolytic enzymes. Overall, the addition of EM4 can improve the nutritional quality of palm oil solids by reducing crude fiber and complex proteins and increasing the fat fraction at certain concentrations, so it has the potential to be used as an alternative feed ingredient for poultry.

Key words: EM4, Fermentation, Feed, Palm Oil Solids.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan Effective Microorganisms-4 (EM4) terhadap perubahan komposisi proksimat solid kelapa sawit selama proses fermentasi. Rancangan penelitian menggunakan perlakuan EM4 dengan konsentrasi berbeda (0%, 0,5%, 1,0%, dan 1,5% yang disimpan selama 14 hari. Parameter yang diamati meliputi kadar air, abu, protein, lemak, dan serat kasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air dan abu cenderung menurun seiring bertambahnya konsentrasi EM4 dan lama fermentasi. Kadar protein mengalami penurunan signifikan pada perlakuan dengan EM4 dibanding kontrol, yang mengindikasikan pemanfaatan nitrogen organik oleh mikroorganisme. Sebaliknya, kadar lemak meningkat pada perlakuan EM4 1,5% diduga akibat aktivitas enzim lipolitik serta biosintesis lipid mikroba. Kadar serat kasar menunjukkan tren penurunan pada perlakuan dengan EM4, yang mencerminkan degradasi selulosa dan lignin oleh enzim selulolitik. Secara keseluruhan, penambahan EM4 mampu meningkatkan kualitas nutrisi solid kelapa sawit melalui penurunan serat kasar dan protein kompleks serta peningkatan fraksi lemak pada konsentrasi tertentu, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan pakan alternatif bagi unggas.

Kata kunci: EM4, Fermentasi, Pakan, Solid Kelapa Sawit.

PENDAHULUAN

Provinsi Bengkulu memiliki potensi yang besar dalam sektor peternakan, khususnya dalam usaha ayam petelur, yang berkembang pesat di daerah-daerah seperti Rejang Lebong, Kepahiang, dan Bengkulu Tengah. Wilayah ini memiliki suhu rata-rata antara 25–30°C, serta ketersediaan lahan dan infrastruktur yang mendukung pengembangan usaha peternakan. Berdasarkan data BPS (2023), produksi telur ayam ras di Bengkulu meningkat dari 6.957,17 ton tahun 2021 menjadi 7.184,79 ton tahun 2022. Konsumsi telur per kapita juga mengalami peningkatan, dari 7,25 kg tahun 2020 menjadi 7,68 kg tahun 2022, menunjukkan adanya kesadaran yang semakin tinggi di kalangan masyarakat akan pentingnya konsumsi protein hewani. Namun, peternak ayam petelur di Bengkulu masih menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait dengan tingginya biaya pakan yang mencapai 70% dari total biaya produksi. Ketergantungan terhadap bahan pakan konvensional seperti jagung dan bungkil kedelai yang sebagian besar diimpor menyebabkan harga pakan cenderung berfluktuasi, sehingga menekan keuntungan peternak. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pemanfaatan bahan pakan alternatif lokal yang bernutrisi tinggi untuk mendukung keberlanjutan usaha peternakan di Bengkulu.

Provinsi Bengkulu dikenal sebagai salah satu daerah penghasil kelapa sawit di Indonesia, dengan perkebunan yang tersebar di Kabupaten Mukomuko, Seluma, dan Bengkulu Utara. Berdasarkan data BPS (2023), luas perkebunan kelapa sawit mencapai 258.317 hektar dengan produksi CPO sebesar 682.514 ton tahun 2022. Produksi CPO yang besar menghasilkan limbah padat berupa solid kelapa sawit yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah ini memiliki serat kasar, lemak, dan energi yang cukup potensial untuk digunakan sebagai pakan ternak (Siregar & Ginting, 2019). Solid sawit merupakan salah satu jenis limbah perkebunan yang dihasilkan dari proses

produksi pabrik pengolahan minyak sawit yang dapat dimanfaatkan sebagai penyusun rancum pakan ternak (Efendi *et al.*, 2020). Pengolahan 1 ton kelapa sawit dapat menghasilkan 3% solid sawit dari tandan buah segar yang diolah (Widjaja *et al.*, 2006). Berdasarkan beberapa penelitian, lumpur sawit kering dihasilkan sebanyak 2 % dari tandan buah segar atau 10 % dari minyak sawit yang kasar yang dihasilkan. Lumpur sawit mengandung protein kasar (10-15%), lemak (10-20%), karbohidrat dan serat (30-50%), serta mineral penting lainnya. Solid kelapa sawit, yang mengandung serat kasar sebesar 20–30%, protein kasar 5–10%, dan lemak kasar 5–15% (Sari & Yulianto, 2021), kini mulai dikembangkan sebagai bahan pakan alternatif untuk ayam petelur.

Kandungan energi metabolisme dan serat yang tinggi membatasi penggunaan solid kelapa sawit dalam ransum ayam petelur, sehingga penggunaan hanya 5–10% untuk menjaga performa produksi (Latif *et al.*, 2022). Salah satu cara untuk mengoptimalkan penggunaan solid kelapa sawit sebagai bahan pakan adalah melalui fermentasi. Fermentasi dengan mikroorganisme seperti *Aspergillus niger* atau *Saccharomyces cerevisiae* terbukti dapat meningkatkan kandungan protein dan menurunkan serat kasar, sehingga meningkatkan pencernaan (Abdullah *et al.*, 2018; Rahman *et al.*, 2020). Selain itu, fermentasi dengan *Trichoderma reesei* dapat meningkatkan produksi enzim selulase yang berfungsi untuk mencerna serat lebih efisien (Hasan & Jassim, 2019). Mikroba akan memecah serat kasar seperti lignoselulosa, meningkatkan kandungan protein kasar, dan memperbaiki pencernaan. Proses ini berlangsung kurang lebih 5–14 hari dengan bantuan enzim seperti selulase. Fermentasi dengan mikroba tersebut efektif meningkatkan nilai nutrisi solid

kelapa sawit untuk pakan ternak (Surbakti *et al.*, 2021; Wahyudi *et al.*, 2021). Kombinasi *Lactobacillus* spp. dan *Bacillus subtilis* juga terbukti dapat memperbaiki ketersediaan nutrisi dan asam organik dalam solid kelapa sawit (Saputra & Febrina, 2022). Apabila diformulasikan dengan tepat, penggunaan solid kelapa sawit dapat mendukung produksi telur tanpa mengganggu performa ayam petelur. Pemanfaatan solid kelapa sawit dalam ransum dapat menjadi solusi alternatif untuk menekan biaya pakan dari limbah agroindustri yang murah, melimpah, serta dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan pakan impor.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilakukan dari Mei – Juli 2025 di Laboratorium Teknologi Produksi Ternak Unggas Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong. Pengujian proksimat dilakukan di Laboratorium PAU Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah drum, terpal, plastik, timbangan digital, gelas ukur plastik, tali, alat semprot. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah solid kelapa sawit, urea, dedak padi, molases, EM4, dan air.

Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Non Faktorial dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan yang diberikan pada penelitian ini adalah:

P0 = Solid 98% + molases 0,5% + urea 0,5% + dedak 0,5% + air 0,5% (kontrol)

P1 = Solid 89% + EM4 0,5% + molases 0,5% + urea 0,5% + dedak 0,5% + air 9%

P2 = Solid 89% + EM4 1% + molases 0,5% + urea 0,5% + dedak 0,5% + air 8,5%

P3 = Solid 89% + EM4 1,5% + molases 0,5% + urea 0,5% + dedak 0,5% + air 8%

P4 = Solid 89% + EM4 2% + molases 0,5% + urea 0,5% + dedak 0,5% + air 7,5%

Fermentasi Solid Kelapa Sawit

Solid kelapa sawit dihamparkan dengan beralas terpal setinggi + 20 cm hingga rata. EM4 diencerkan lalu diaktifkan mikroba dengan cara mencampur molases, larutan EM4 dan urea lalu ditambahkan air. Solid dicampur dengan dedak padi dan urea hingga merata. Setelah itu dilanjutkan dengan menyemprotkan larutan EM4 sesuai perlakuan dengan alat penyemprot sampai rata. Setelah solid tercampur dengan baik, maka dilakukan pengemasan ke dalam plastik besar kemudian ditutup/diikat dengan rapat dan kedap udara selanjutnya dimasukkan ke dalam drum plastik. Fermentasi dilakukan secara anaerob dengan lama fermentasi selama 14 hari.

Pengujian Kualitas Nutrisi Solid Fermentasi

Pengujian kualitas kimia solid fermentasi dilakukan menggunakan analisis proksimat, yang meliputi penentuan kadar air, abu, serat kasar, protein dan lemak.

Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis dengan sidik ragam (Analysis of variance/ ANOVA). Jika memberikan hasil penelitian yang berbeda nyata akan dilanjutkan dengan Uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Kadar air solid kelapa sawit selama fermentasi semakin meningkat selama penyimpanan. Gambar 1 menunjukkan kadar air solid kelapa sawit setelah 14 hari fermentasi yaitu P0 80,81%, P1 81,31%, P2 81,45%, P3 81,56% dan P4 81,40%.

Semakin bertambah EM4 maka kadar air semakin meningkat juga. Kadar air pada penambahan EM4 1,5% paling tinggi pada minggu kedua setelah fermentasi dibandingkan tanpa EM4. Kadar air solid kelapa sawit menunjukkan kecenderungan meningkat selama proses fermentasi maupun penyimpanan. Peningkatan tersebut berkorelasi dengan penambahan EM4, dimana semakin tinggi konsentrasi yang diberikan, semakin tinggi pula kadar air yang terbentuk. Hal ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme melalui peran EM4 dalam mendegradasi komponen organik kompleks menjadi senyawa sederhana. Proses degradasi ini melepaskan air terikat yang sebelumnya berada di dalam matriks seluler dan meningkatkan kelembapan akibat pertumbuhan biomassa mikroba serta produksi polisakarida. Kondisi tersebut ditunjukkan pada perlakuan dengan EM4 1,5% yang menunjukkan kadar air tertinggi pada minggu kedua setelah fermentasi, yang menandai fase puncak aktivitas metabolisme mikroba. Walaupun semua perlakuan memperoleh tambahan urea, dedak padi, dan molases dengan perbandingan yang sama untuk menyeimbangkan rasio C/N. Namun dosis EM4 tetap menjadi faktor penentu terhadap kadar air. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa EM4 mempercepat proses fermentasi, meningkatkan aktivitas mikroba, serta memodifikasi sifat fisik bahan termasuk kelembapan (Sinuraya *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2024). Selain itu, pengelolaan kelembapan awal, aerasi, dan dosis starter yang tepat perlu diperhatikan untuk mencegah kelebihan air dan menghasilkan produk fermentasi dengan kualitas yang lebih stabil (Awoh *et al.*, 2023).

Kadar Abu

Kadar abu solid kelapa sawit selama fermentasi semakin menurun selama penyimpanan. Gambar 2 menunjukkan kadar abu solid kelapa sawit setelah 14 hari fermentasi yaitu P0 2,24%, P1 2,29%, P2

2,19%, P3 2,14% dan P4 2,13%. Semakin bertambah EM4 maka kadar abu semakin menurun. Pada penambahan EM4 1,5% menunjukkan kadar abu terendah pada minggu kedua setelah fermentasi dibandingkan tanpa EM4. Penurunan kadar abu ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi dosis EM4, maka semakin intensif aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik, sehingga proporsi material anorganik terhadap massa total menjadi lebih rendah. Hasil ini sejalan dengan penelitian Sinuraya *et al.*, (2022) yang melaporkan bahwa penambahan EM4 mempercepat dekomposisi bahan organik dan memengaruhi komposisi kimia kompos, termasuk kandungan abu. Selain itu, Mironov *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa inokulasi mikroba mempercepat perkembangan mikroba dan menurunkan kadar abu pada limbah pangan akibat meningkatnya pelarutan mineral selama fase aktif fermentasi. Hal yang serupa juga dilaporkan pada pengolahan limbah sawit, dimana penambahan aktivator biologis menurunkan kandungan abu akibat mobilisasi mineral ke fase cair (Awoh *et al.*, 2023). Penurunan kadar abu pada solid kelapa sawit selama fermentasi merupakan hasil dari percepatan metabolisme mikroba oleh penambahan EM4, terutama pada dosis 1,5% yang menghasilkan fase puncak aktivitas pada minggu kedua.

Kadar Protein

Kadar protein solid kelapa sawit selama fermentasi semakin menurun selama penyimpanan. Gambar 3 menunjukkan kadar protein solid kelapa sawit setelah 14 hari fermentasi yaitu P0 5,20%, P1 4,83%, P2 4,89%, P3 5,12% dan P4 5,02%. Semakin bertambah EM4 maka kadar protein semakin menurun. Penambahan EM4 0,5% menunjukkan kadar protein terendah pada minggu kedua setelah

fermentasi dibandingkan tanpa EM4. Hasil pengamatan setelah 14 hari fermentasi, kadar protein tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol ($P_0 = 5,20\%$), sedangkan kadar protein terendah pada perlakuan dengan penambahan EM4 0,5% ($P_1 = 4,83\%$). Penurunan kadar protein ini mengindikasikan bahwa mikroorganisme yang terkandung dalam EM4 memanfaatkan senyawa nitrogen, termasuk protein dan asam amino sederhana, sebagai sumber energi dan pertumbuhan. Proses proteolisis yang dipicu oleh aktivitas enzim mikroba menyebabkan degradasi protein menjadi peptida dan asam amino, yang selanjutnya digunakan untuk biosintesis sel mikroba (Sinuraya *et al.*, 2022). Penelitian Li *et al.*, (2024), menyatakan bahwa penambahan inokulum mikroba pada kompos kotoran ayam dan substrat jamur mempercepat dekomposisi protein sehingga menurunkan kadar protein total bahan. Patrechia *et al.*, (2024) menunjukkan biomassa pertanian bahwa degradasi protein selama proses biologis tidak hanya menurunkan fraksi nitrogen organik, tetapi juga dapat meningkatkan volatilitas senyawa nitrogen yang berkontribusi pada kehilangan protein dari sistem.

Kadar Lemak

Kadar lemak solid kelapa sawit selama fermentasi semakin menurun selama penyimpanan namun pada penambahan EM4 2% semakin meningkat. Gambar 4 menunjukkan kadar lemak solid kelapa sawit setelah 14 hari fermentasi yaitu P_0 1,25%, P_1 1,53%, P_2 0,84%, P_3 1,44% dan P_4 1,89%. Penambahan EM4 1,5% menunjukkan kadar lemak tertinggi pada minggu kedua setelah fermentasi dibandingkan tanpa EM4. Peningkatan kadar lemak pada perlakuan dengan EM4 1,5% mengindikasikan adanya interaksi kompleks antara aktivitas mikroba dan komponen biokimia substrat. Mikroorganisme yang terkandung dalam EM4, seperti *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp., *Actinomycetes*, dan *Rhodopseudomonas* sp.,

memiliki kemampuan menghasilkan enzim lipolitik, terutama lipase. Enzim ini berperan dalam menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Produk hidrolisis tersebut dapat menyebabkan terdeteksinya kadar lemak lebih tinggi karena metode analisis proksimat tidak membedakan antara trigliserida asli dengan fraksi asam lemak bebas hasil degradasi (Suhendar *et al.*, 2023). Selain hidrolisis lipid, peningkatan kadar lemak juga dapat disebabkan dengan aktivitas biosintesis lipid oleh mikroorganisme selama proses fermentasi. Beberapa bakteri asam laktat mampu memanfaatkan substrat organik untuk sintesis metabolit baru, termasuk lipid intraseluler sebagai bentuk cadangan energi. Hal ini ditunjukkan oleh penelitian Halimah *et al.*, (2024) bahwa fermentasi pelepah sawit menggunakan *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus pentosaceus* mampu mengubah komposisi biokimia substrat melalui aktivitas enzimatik dan sintesis metabolit sekunder.

Kadar Serat Kasar

Kadar serat kasar solid kelapa sawit selama fermentasi semakin menurun selama penyimpanan. Gambar 5 menunjukkan kadar serat kasar solid kelapa sawit setelah 14 hari fermentasi yaitu P_0 3,69%, P_1 3,84%, P_2 3,57%, P_3 3,55% dan P_4 3,66%. Penambahan EM4 1,5% menunjukkan kadar serat kasar terendah pada minggu kedua setelah fermentasi dibandingkan tanpa EM4. Penurunan kadar serat kasar ini disebabkan oleh aktivitas mikroba selulolitik dan enzim pencernaan serat seperti selulase, xilanase, dan ligninase, yang mampu memecah serat kasar menjadi gula sederhana. Proses degradasi tersebut mengurangi kandungan selulosa dan lignin komponen utama penyusun serat kasar sehingga kadar SK menjadi lebih rendah. Penelitian Nuswantara *et*

al., (2020) melaporkan bahwa fermentasi sabut kelapa menggunakan mikroba pencerna serat dari rumen kerbau menyebabkan penurunan komponen serat kasar (selulosa dan lignin) serta perubahan struktur jaringan serat. Penelitian Prasetyo *et al.*, (2022), menunjukkan bahwa fermentasi bonggol singkong menggunakan *Aspergillus niger* menurunkan kadar serat kasar dan meningkatkan pencernaan serat. Penurunan serat kasar solid kelapa sawit akibat fermentasi EM4 dapat meningkatkan nilai nutrisinya

KESIMPULAN

Penambahan EM4 pada fermentasi solid kelapa sawit berpengaruh terhadap perubahan komposisi proksimat, dimana kadar air dan abu cenderung menurun, kadar protein mengalami penurunan akibat pemanfaatan nitrogen organik oleh mikroba, kadar lemak meningkat pada perlakuan EM4 1,5% karena aktivitas enzim lipolitik dan biosintesis lipid mikroba, serta kadar serat kasar menurun akibat degradasi selulosa dan lignin oleh enzim selulolitik. Perubahan ini menunjukkan bahwa EM4 mampu meningkatkan kualitas nutrisi solid kelapa sawit dengan menurunkan fraksi serat dan protein kompleks serta meningkatkan lemak, sehingga potensial digunakan sebagai bahan pakan alternatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong yang telah memfasilitasi riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah N., J. B. Liang, & O. A. Hassan. (2018). The effect of fungal treatment on nutritional composition and in vitro digestibility of oil palm fronds. *Animal Feed Science and Technology*, 144(1-2), 200-210.

Awoh, E. T., J. Kiplagat, S. K. Kimutai, & A. C. Mecha, (2023). Current trends in palm oil

waste management: A comparative review of Cameroon and Malaysia. *Heliyon*, 9(11).

Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Bengkulu. (2023). Provinsi Bengkulu Dalam Angka 2023. BPS Provinsi Bengkulu.

Efendi R, J. Arifin J, & E. Saputra. (2020). Potensi Limbah solid sawit sebagai bahan pakan alternatif ternak. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 22(1):45-52.

Halimah, S. N., Mansyur, & R. A. Gopar,. (2024). Fermentasi pelepah sawit dengan bakteri asam laktat: *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus pentosaceus*. *Agrivet : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian dan Peternakan*, 12(2), 309-314.

Hassan Z.A, & A. N. Jassim. (2019). Application of cellulolytic fungi *Trichoderma reesei* to improve fibrous feed digestibility for poultry. *International Journal of Poultry Science*, 18(5), 250-255.

Latif I.A, Z. A. Zakaria, Z. A. Jelani, & J. B. Liang (2022). Utilization of palm oil solid waste in poultry feed: effects on performance and egg quality. *Journal of Animal Nutrition and Feed Technology*. 22(1), 15-22.

Li, H., Y. Chen, X. Wang, & Z. Zhang. (2024). Effect of microbial inoculum on composting efficiency in the composting process of spent mushroom substrate and chicken manure. *Journal of Environmental Management*, 353(7), 120145.

Mironov, V., V. Zhukov, K. Efremova, & W. F. Brinton. (2024). Enhancing aerobic composting of food waste by adding hydrolytically active microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1367210.

Nuswantara, K. L., S. Sunarso, M. Arifin, & A. Setiadi. (2020). Komponen serat sabut kelapa yang difermentasi menggunakan mikroba pencerna serat

- dari rumen kerbau. *Jurnal Agripet*, 20(1), 1–8.
- Patrechia, O., B. G. Murcitro, Z. Mukhtar, Hasanudin, & M. F. Barchia, (2024). Perbandingan kadar total karbon dan nitrogen pada kompos dari berbagai macam jenis gulma, *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 97-104.
- Prasetyo, A. B., B. I. M. Tampoebolon, & L. K. Nuswantara, (2022). Kandungan serat kasar, pencernaan serat kasar, dan fermentabilitas bonggol singkong yang difermentasi menggunakan *Aspergillus niger*. *Jurnal Agripet*, 22(2), 202-212.
- Rahman M.M, N. Abdullah, & J. B. Liang (2020). Fermentation of agricultural by-products for livestock feed: Nutritional improvement and effects on performance. *Tropical Animal Health and Production*. 52(1), 13-25.
- Saputra D., & D. Febrina. (2022). Improvement of nutritional quality of palm kernel cake through fermentation using probiotic bacteria for poultry feed. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia*. 17(2), 85-92.
- Sari P., & A. B. Yulianto. (2021). Nutritional evaluation of palm oil solid waste and its utilization in poultry ration. *Indonesian Journal of Animal Science and Technology*. 13(3),130-137.
- Sinuraya, L. I. B., A. Sadeli, & Hasnudi. (2022). Effect of fermentation duration and dosage of EM4 on maturity level and quality of fermented compost fertilizer. *Jurnal Peternakan Integratif*, 10(01), 40-48.
- Siregar A.R, & S. P. Ginting. (2019). Potential of palm oil by-products as livestock feed in Indonesia. *Buletin Peternakan*, 43(1), 47-56.
- Suhendar, D., I. R. Layly, G. C. Sabbathini, D. R. Waltam, E. Wahjono, C. Sriherwanto, & H. Haniyya. (2023). Mutation of lipase-producing bacterial isolate from palm oil effluent for fat hydrolysis on POME. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 10(1), 11-21.
- Surbakti T., D. Simanungkalit, & J. Sembiring. (2021). Perbaikan nilai nutrisi limbah sawit melalui proses fermentasi untuk pakan ternak. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 10(1), 22-30.
- Wahyudi T., L. B. Prasetyo, & E. Handayani. (2021). Fermentasi limbah padat kelapa sawit sebagai alternatif pakan ternak ruminansia. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 26(2), 112-120.
- Widjaja E. A., S. Tjitrosemito, & B. Sutrisno. (2006). Pengolahan limbah padat sawit untuk peningkatan nilai tambah. *Buletin Teknik Pertanian*. 11(2), 65-72.