

Analisis Perbandingan Nilai Gizi Ulat Tepung (*Tenebrio Molitor*) dengan Perlakuan Katalis dan Substrat yang Berbeda

Muh. Satria Arhamza, Mohammad Mirwan*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: mmirwan.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 20 November 2025

Disetujui: 25 Juni 2025

Abstract

This research aims to analyze the comparative nutritional value of mealworms (*Tenebrio molitor*) cultivated using various catalysts and organic substrates in the bioconversion process. The research was carried out through seven treatment groups that combined organic waste with two types of catalyst, namely amino acids and leachate, as well as three types of substrate, namely rice bran, coffee grounds and sawdust. Each treatment was maintained in the same environmental conditions for 30 days. Nutrient parameters including protein, fat, water and ash levels were analyzed using the proximate analysis method based on the AOAC procedure (2016). (Gaithersburg, 2016) Data were processed descriptively to compare differences in nutritional composition between treatments. The results showed that the combination of leachate and rice bran produced the highest protein content (21.35%), while the sawdust-based treatment showed the lowest nutrient content due to limited digestibility. These findings indicate that the type of catalyst and substrate substantially influence the nutritional composition of *T. molitor*, and optimal bioconversion efficiency can be achieved under conditions of balanced organic substrate and catalyst. The integration of biocatalyst and substrate modification thus improves the nutritional quality of mealworms while supporting sustainable waste management practices.

Keywords: *tenebrio molitor*, nutritional composition, catalyst variations, substrate treatment, bioconversion

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai gizi komparatif ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) yang dibudidayakan menggunakan berbagai katalis dan substrat organik dalam proses biokonversi. Penelitian dilakukan melalui tujuh kelompok perlakuan yang menggabungkan limbah organik dengan dua jenis katalis, yaitu asam amino dan lindi, serta tiga jenis substrat, yaitu dedak padi, ampas kopi, dan serbuk gergaji. Setiap perlakuan dipelihara dalam kondisi lingkungan yang sama selama 30 hari. Parameter gizi yang meliputi kadar protein, lemak, air, dan abu dianalisis menggunakan metode analisis proksimat berdasarkan prosedur AOAC (2016). Data diolah secara deskriptif untuk membandingkan perbedaan komposisi nutrisi antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi lindi dan dedak padi menghasilkan kandungan protein tertinggi (21,35%), sementara perlakuan berbasis serbuk gergaji menunjukkan kadar nutrisi terendah karena daya cerna yang terbatas. Temuan ini menunjukkan bahwa jenis katalis dan substrat secara substansial memengaruhi komposisi nutrisi *T. molitor* dan efisiensi biokonversi yang optimal dapat dicapai dalam kondisi substrat organik dan katalis yang seimbang. Integrasi modifikasi biokatalis dan substrat dengan demikian meningkatkan kualitas nutrisi ulat Hongkong sekaligus mendukung praktik pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Kata kunci: ulat bambu, komposisi nutrisi, variasi katalis, perlakuan substrat, biokonversi

1. Perkenalan

Ulat bambu (*Tenebrio molitor*) akhir-akhir ini semakin menarik perhatian sebagai sumber protein dan lemak yang berkelanjutan untuk pakan ternak dan konsumsi manusia (Halloran dkk., 2018). Kemampuan mereka untuk secara efisien mengubah limbah organik menjadi biomassa bernilai tinggi menjadikan mereka komponen penting dari praktik bioekonomi sirkular (Moruzzo dkk., 2021). Namun, komposisi nutrisi ulat yang juga disebut ulat Hongkong ini sangat bergantung pada kondisi lingkungan dan substrat yang digunakan selama budidaya (Langston dkk., 2024). Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa komposisi pakan, jenis katalis, dan kualitas substrat dapat memengaruhi kadar protein, lipid, dan karbohidrat pada larva ulat Hongkong, namun besarnya dan konsistensi pengaruh tersebut masih belum banyak diteliti (Ilzoleh dan Akmali, 2025). Penelitian sebelumnya menekankan bahwa *T. molitor* memiliki potensi luar biasa untuk aplikasi *biorefinery* berkelanjutan karena konversi nutrisi yang efisien dan

kemampuan adaptasinya terhadap berbagai jenis pakan (Muñoz-Seijas dkk., 2025). Demikian pula, analisis kimia dan pencernaan menunjukkan bahwa tepung *T. molitor* dapat berfungsi sebagai bahan protein tinggi yang layak dalam formulasi pakan ternak (Dourado dkk., 2020).

Pemanfaatan katalis dan substrat organik dalam proses biokonversi merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan sintesis nutrisi pada ulat Hongkong. (Bordiean dkk., 2022) Katalis seperti asam amino dan lindi dapat mempercepat reaksi biokimia yang mendukung metabolisme larva, sementara substrat organik yang berbeda seperti dedak padi, serbuk gergaji, dan ampas kopi memberikan profil nutrisi yang berbeda (Kotsou dkk., 2023). Dalam penelitian sebelumnya, kombinasi katalis dan substrat yang sesuai terbukti berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan larva dan efisiensi konversi pakan, namun analisis komparatif yang berfokus secara khusus pada komposisi nutrisi masih terbatas (Ferri dkk., 2024). Penelitian telah menunjukkan bahwa pakan ulat Hongkong yang dibuat dari produk sampingan pertanian dan makanan dapat mengubah profil nutrisi dan laju pertumbuhan larva, tergantung pada komposisi dan kualitas substrat (Lienhard dkk., 2023). Selain itu, variasi tingkat protein dalam pakan ulat Hongkong secara signifikan mempengaruhi komposisi tubuh larva, terutama kandungan protein kasar dan lipid (Kröncke dan Benning, 2023).

Penelitian terbaru menekankan bahwa menggabungkan substrat organik yang dioptimalkan dengan intervensi katalitik atau pemrosesan dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi biokonversi dan akumulasi nutrisi pada larva *Tenebrio molitor* (Syahrulawal dkk., 2023). Misalnya, suplementasi residu kulit kastanye pada substrat larva meningkatkan kadar protein dan lipid sekaligus memperbaiki rasio konversi pakan (Ferri dkk., 2024). Demikian pula, perlakuan enzimatis dan ultrasonik pada jerami padi sebelum pemberian pakan ulat Hongkong ditemukan dapat meningkatkan pertumbuhan larva, daya cerna substrat, dan hasil biomassa secara keseluruhan (Molnár dkk., 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa perlakuan “katalitik” seperti penambahan enzim, pengayaan substrat, atau pra-pemrosesan ringan memainkan peran kunci dalam memodulasi metabolisme nutrisi dan efisiensi pakan dalam budidaya ulat Hongkong (Krzyżaniak dkk., 2025).

Meskipun terdapat kemajuan-kemajuan ini, sebagian besar penelitian terkini lebih banyak mengevaluasi metrik pertumbuhan larva dan konversi pakan, alih-alih melakukan analisis komparatif yang detail mengenai komposisi nutrisi. Sebuah penelitian terbaru menunjukkan bahwa suplementasi mikroba dan jamur meningkatkan kandungan protein larva, tetapi belum mencakup evaluasi terpadu interaksi katalis-substrat (Riaz dkk., 2023). Demikian pula, tinjauan komprehensif menekankan perlunya studi perbandingan terstruktur yang menilai efek katalitik dan variabilitas substrat pada profil nutrisi pada larva *T. molitor* (Kotsou dkk., 2024). Kesenjangan ini menggarisbawahi perlunya penelitian empiris yang secara sistematis mengeksplorasi bagaimana katalis dan substrat organik bersama-sama membentuk komposisi biokimia dan hasil nutrisi.

Oleh karena itu, perhatian ilmiah yang semakin meningkat diarahkan pada optimalisasi kombinasi substrat-katalis untuk memaksimalkan potensi nutrisi ulat Hongkong sebagai sumber makanan dan pakan yang berkelanjutan (Hapsari dkk., 2018). Penelitian yang menggunakan berbagai produk sampingan pertanian, seperti biji-bijian bekas pembuat bir, dedak padi, dan sisa sayuran, telah menunjukkan dampak yang signifikan terhadap kandungan protein, lipid, dan mineral larva (Vrontaki dkk., 2024). Percobaan lain menunjukkan bahwa variasi komposisi substrat secara langsung mengubah kimia tubuh larva dan efisiensi konversi pakan (Mockus dkk., 2024). Secara kolektif, studi-studi ini memberikan dasar yang kuat untuk menganalisis bagaimana interaksi katalis-substrat mempengaruhi sintesis nutrisi, namun data perbandingan yang rinci mengenai komposisi biokimia masih langka.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai gizi komparatif ulat Hongkong yang diberi perlakuan katalis dan substrat yang berbeda. Penelitian ini berfokus pada bagaimana variasi jenis katalis dan substrat memengaruhi kandungan protein, lemak, dan karbohidrat pada larva *T. molitor*. Dengan memberikan bukti empiris mengenai pengaruh ini, penelitian ini berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana interaksi katalis dan substrat dapat dioptimalkan untuk meningkatkan potensi gizi ulat Hongkong. Temuan ini diharapkan dapat memberikan wawasan ilmiah untuk meningkatkan efisiensi biokonversi dan mendukung pengelolaan limbah berkelanjutan melalui daur ulang nutrisi berbasis serangga.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk menganalisis nilai nutrisi komparatif ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) yang diberi perlakuan katalis dan substrat yang berbeda. Percobaan dilakukan di Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPS 3R) Jambangan, Surabaya, dari Juli hingga Agustus 2025. Larva yang digunakan adalah ulat Hongkong berumur tiga minggu, berjumlah 350 ekor per

biopond, yang dipelihara dalam kondisi lingkungan yang sama, yaitu suhu, kelembapan, dan jadwal pemberian pakan untuk memastikan konsistensi.

2.1 Desain Perawatan

Rancangan Acak Lengkap (RAL) digunakan dengan tujuh kombinasi perlakuan katalis dan substrat, masing-masing diulang tiga kali. Katalis terdiri dari larutan asam amino dan lindi, sedangkan substratnya meliputi dedak padi, serbuk gergaji, dan ampas kopi. Perlakuan disusun sebagai berikut:

- Biopond A: Hanya limbah organik (kontrol)
- Biopond B: Limbah organik + asam amino + ampas kopi
- Biopond C: Limbah organik + asam amino + dedak padi
- Biopond D: Limbah organik + asam amino + serbuk gergaji
- Biopond E: Sampah organik + lindi + ampas kopi
- Biopond F: Sampah organik + lindi + dedak padi
- Biopond G: Sampah organik + lindi + serbuk gergaji

Setiap biopond diberi 0,72 kg sampah organik kering setiap lima hari, dengan penambahan katalis dan substrat sesuai dengan kombinasi perlakuan. Wadah terbuat dari plastik berukuran 40 cm × 30 cm × 15 cm, dilengkapi penutup kain halus untuk mencegah larva keluar. Pemberian pakan dan pemeliharaan dilakukan setiap lima hari untuk memastikan pertumbuhan larva dan dekomposisi substrat yang optimal.

2.2 Analisis Nutrisi

Setelah 30 hari, larva dipanen, dibersihkan, dan dikeringkan dalam oven hingga mencapai berat konstan. Komposisi nutrisi ditentukan menggunakan metode analisis proksimat berdasarkan AOAC (2016), yang terdiri dari:

- Kandungan protein: Metode Kjeldahl
- Kandungan lemak: ekstraksi Soxhlet
- Kadar air dan abu: Analisis gravimetri

Data dianalisis secara deskriptif dan komparatif, mengacu pada perbedaan komposisi nutrisi di antara perlakuan untuk menentukan kombinasi katalis–substrat yang paling efektif untuk meningkatkan nilai nutrisi ulat Hongkong.

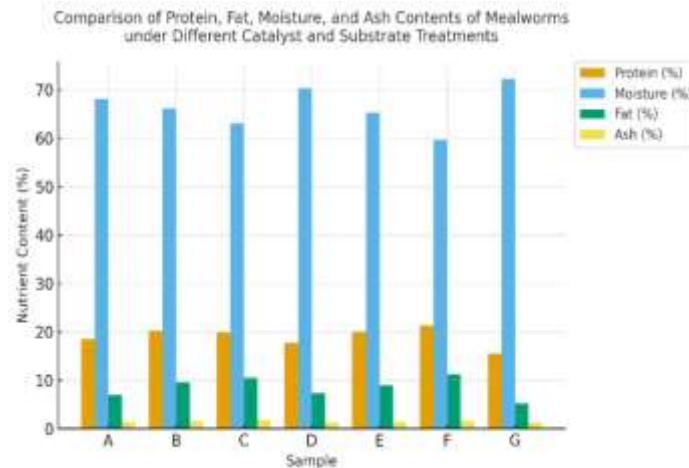
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Komposisi Nutrisi Ulat Tepung dengan Perlakuan Katalis dan Substrat yang Berbeda

Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi katalis dan substrat yang berbeda menghasilkan komposisi nutrisi ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) yang berbeda pula, terutama dalam hal kandungan protein, lemak, dan karbohidrat. Rata-rata komposisi nutrisi larva dari setiap perlakuan disajikan pada **Tabel 1**, sementara perbandingan setiap komponen nutrisi diilustrasikan pada **Gambar 1**.

Table 1. Komposisi Proksimat Ulat Tepung (*Tenebrio molitor*) pada Perlakuan Katalis dan Substrat yang Berbeda

Nutrition Table				
Sample	Protein (%)	Moisture(%)	Fat (%)	Ash (%)
A Kontrol	18.56	68.09	6.97	1.37
B AK + AS	20.26	66.12	9.63	1.51
C D + AS	19.96	63.08	10.55	1.83
D SG + AS	17.73	70.28	7.29	1.36
E AK + AL	20.11	65.28	8.95	1.42
F D + AL	21.35	59.65	11.31	1.56
G SG + AL	15.54	72.23	5.18	1.28



Gambar 1. Perbandingan Kandungan Protein, Lemak, Air, dan Abu Ulat Tepung pada Perlakuan Katalis dan Substrat yang Berbeda

Data menunjukkan bahwa kandungan protein dan lemak tertinggi ditemukan pada larva yang dipelihara dengan katalis lindi dan substrat dedak padi (F). Kombinasi ini memberikan ketersediaan nutrisi yang optimal dan mendukung sintesis biokimia yang lebih tinggi pada larva. Kandungan protein terendah ditemukan pada perlakuan G (lindi + serbuk gergaji), yang menunjukkan bahwa serbuk gergaji memiliki daya cerna yang rendah karena struktur lignoselulosanya, yang membatasi penyerapan nutrisi.

Kadar air berbanding terbalik dengan konsentrasi nutrisi; perlakuan dengan kadar air yang lebih tinggi (seperti G dan D) cenderung menunjukkan nilai protein dan lemak yang lebih rendah. Kadar air yang lebih rendah pada perlakuan F menunjukkan larva lebih matang dan mengandung bahan kering yang lebih tinggi, yang berkorelasi dengan akumulasi nutrisi yang lebih baik. Kadar abu menunjukkan sedikit variasi antar perlakuan, menunjukkan retensi mineral yang serupa di seluruh media pakan.

3.2. Pengaruh Interaksi Katalis-Substrat terhadap Komposisi Nutrisi

Analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa interaksi antara jenis katalis dan substrat memiliki pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap komposisi nutrisi larva *T. molitor*. Hal ini menunjukkan bahwa katalis dan substrat merupakan faktor penting yang bekerja secara sinergis dalam memengaruhi kualitas nutrisi larva.

Katalis lindi, yang mengandung komponen mikroba dan enzimatis, mempercepat dekomposisi bahan organik dalam pakan, sehingga meningkatkan bioavailable nutrisi bagi larva. Ketika dikombinasikan dengan dedak padi, yang kaya akan nitrogen dan asam amino, katalis ini menciptakan lingkungan yang optimal untuk sintesis protein. Sebaliknya, katalis asam amino yang dikombinasikan dengan ampas kopi meningkatkan akumulasi lemak karena kandungan karbon dan residu minyak yang lebih tinggi dalam ampas kopi, sehingga mendorong metabolisme lipid pada larva. Interaksi ini menunjukkan bahwa hasil nutrisi tidak hanya bergantung pada komposisi pakan tetapi juga pada bagaimana katalis memfasilitasi proses biokimia dalam substrat.

3.3. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dalam literatur terbaru yang menunjukkan bahwa komposisi substrat memiliki pengaruh yang kuat terhadap kandungan nutrisi proksimal larva *Tenebrio molitor*. Sebagai contoh, sebuah penelitian oleh Dourado dkk. (2020) melaporkan bahwa larva yang dipelihara pada berbagai substrat berkelanjutan (misalnya, dedak, produk sampingan pertanian) menunjukkan variasi yang signifikan dalam kandungan protein, lemak, dan karbohidrat (Dourado dkk., 2020). Selain itu, penelitian yang meneliti pengaruh kadar protein pakan menemukan bahwa peningkatan protein dalam pakan menyebabkan peningkatan kandungan protein pada larva, yang menunjukkan hubungan nutrisi pakan-larva yang jelas (Kröncke dan Benning, 2023).

Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa tidak hanya kualitas substrat, tetapi juga keseimbangan nutrisi (makronutrien) dalam pakan memengaruhi akumulasi nutrisi pada larva. Misalnya, -Percobaan seleksi menunjukkan bahwa larva *T. molitor* menyesuaikan asupan karbohidrat, protein, dan lipid untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan komposisi tubuh, dan asupan protein pakan yang lebih tinggi berkaitan dengan peningkatan kandungan protein larva. Demikian pula, penambahan limbah sayuran ke

substrat telah terbukti memodulasi komposisi larva: ketika produk sampingan sayuran ditambahkan ke pakan basal, larva meningkatkan akumulasi protein sekaligus mengubah metabolisme karbohidratnya (López-Gámez dkk., 2024).

Perbandingan ini memperkuat kesimpulan bahwa kualitas substrat (misalnya, jenis produk sampingan, kandungan serat/lignin) dan peningkatan nutrisi melalui formulasi pakan (misalnya, peningkatan protein atau rasio nutrisi tertentu) sangat penting dalam meningkatkan komposisi perkiraan (protein, lemak, kelembaban) larva *T. molitor*.

3.4. Implikasi dari Temuan

Analisis perbandingan menunjukkan bahwa penggunaan lindi sebagai katalis yang dikombinasikan dengan substrat dedak padi dapat meningkatkan kandungan protein dan lemak ulat Hongkong secara signifikan, sekaligus mempertahankan kadar air dan abu yang dapat diterima. Kombinasi ini menawarkan kinerja nutrisi terbaik dan mendukung konsep biokonversi berkelanjutan menggunakan limbah organik. Temuan ini memiliki implikasi praktis untuk produksi pakan berbasis serangga, karena optimalisasi formulasi katalis-substrat dapat meningkatkan hasil nutrisi dan mengurangi biaya pakan. Penelitian selanjutnya didorong untuk menyelidiki jenis katalis organik lain, variasi substrat, dan dinamika enzim untuk lebih menyempurnakan efisiensi budidaya *T. molitor*.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi katalis dan substrat berpengaruh signifikan terhadap komposisi nutrisi ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*). Di antara kombinasi perlakuan, penggunaan katalis lindi dengan substrat dedak padi menghasilkan kandungan protein tertinggi, yang menunjukkan bahwa formulasi ini menyediakan sumber nutrisi yang optimal untuk pertumbuhan larva dan sintesis biokimia. Sementara itu, kombinasi katalis asam amino dengan ampas kopi menghasilkan akumulasi lemak yang lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa jenis substrat memengaruhi proses penyimpanan energi pada larva. Perlakuan yang menggunakan substrat serbuk gergaji menghasilkan kadar nutrisi terendah karena daya cerna yang terbatas dan ketersediaan nitrogen yang rendah.

Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa interaksi antara katalis dan substrat menentukan keseimbangan kandungan protein, lemak, dan karbohidrat pada larva *T. molitor*. Penggunaan katalis organik meningkatkan dekomposisi substrat dan asimilasi nutrisi, sementara substrat yang kaya nutrisi berkontribusi pada efisiensi konversi biokimia yang lebih baik. Oleh karena itu, optimalisasi komposisi katalis dan substrat dapat dianggap sebagai strategi efektif untuk meningkatkan kualitas nutrisi ulat Hongkong untuk produksi pakan berkelanjutan.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk meneliti jenis katalis organik dan substrat alternatif lain dengan komposisi nutrisi yang berbeda untuk mengeksplorasi potensinya dalam meningkatkan efisiensi proses biokonversi. Penelitian lebih lanjut juga dapat mencakup analisis aktivitas enzim dan efisiensi konversi pakan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang dinamika nutrisi dalam budidaya ulat Hongkong.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada para pembimbing, staf laboratorium, dan seluruh pihak pendukung yang telah memberikan bantuan dan fasilitas berharga selama penyelesaian penelitian ini di Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPS 3R) Jambangan, Surabaya. Bimbingan dan dukungan mereka sangat penting bagi keberhasilan pelaksanaan penelitian ini.

6. Referensi

- Gaithersburg, M. (2016). Metode Analisis Resmi AOAC Internasional (Edisi ke-20). AS: AOAC Internasional.
- Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P., & Roos, N. (2018). Serangga yang Dapat Dimakan dalam Sistem Pangan Berkelanjutan. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9>
- Bordiean, A., Krzy, M., & Stolarski, MJ (2022). Potensi Biokonversi Produk Sampingan Agroindustri oleh Serangga, 13(9), 1–12. <https://doi.org/10.3390/insects13090810>
- Dourado, LRB, Lopes, PM, Silva, VK, Carvalho, FLA, Moura, FAS, Silva, LB, Giannecchini, LG, Pinheiro, SRF, Biagiotti, D., & Kimpara, JM (2020). Komposisi Kimia dan Kecernaan Nutrisi Tepung Serangga pada Ayam Broiler. Anais Da Academia Brasileira de Ciencias, 92(3), 1–5. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020200764>

- Ferri, I., Anno, MD, Spano, M., Canala, B., Petralli, B., Dametti, M., Magnaghi, S., & Rossi, L. (2024). Karakterisasi *Tenebrio molitor* yang Dipelihara pada Substrat yang Disuplemen dengan Kulit Kastanye. *Serangga*, 15(512), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects15070512>
- Gaithersburg, M. (2016). *Metode Analisis Resmi AOAC Internasional* (Edisi ke-20). AS: AOAC Internasional.
- Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P., & Roos, N. (2018). *Serangga yang Dapat Dimakan dalam Sistem Pangan Berkelanjutan*. Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9>
- Ilzoleh, RR, & Akmal, V. (2025). Pengaruh Komposisi Pakan terhadap Profil Nutrisi dan Efisiensi Konversi Pakan *Tenebrio molitor*. *PLoS One*, 20(7), 6–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0325262>
- Kotsou, K., Chatzimitakos, T., Athanasiadis, V., Bozinou, E., Athanassiou, CG, & Lalas, SI (2023). Pemanfaatan Ampas Kopi sebagai Aditif Pakan untuk Meningkatkan Nilai Gizi Larva *Tenebrio molitor*. *Sustainability*, 15(23), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su152316224>
- Kotsou, K., Chatzimitakos, T., Athanasiadis, V., Bozinou, E., & Lalas, SI (2024). Pemanfaatan Limbah Pertanian Pangan Sebagai Pakan Pemeliharaan Larva *Tenebrio molitor* : Suatu Tinjauan. *Makanan*, 13(7), 1–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods13071027>
- Kröncke, N., & Benning, R. (2023). Pengaruh Kandungan Protein Pakan terhadap Komposisi Nutrisi Larva Ulat Tepung (*Tenebrio molitor* L.). *Serangga*, 14(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/insects14030261>
- Krzyżaniak, M., Kosewska, O., Białoskórski, P., Warمیński, K., Stolarski, MJ, Graban, Ł., Lajszner, W., & Sikorski, Ł., Wilke, A., & Eisele, T. (2025). Dampak Substrat yang Diolah Secara Enzimatis terhadap Perkembangan dan Komposisi Ulat Kuning. *Serangga*, 16(8), 1–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects16080842>
- Langston, K., Selaledi, L., Tanga, C., & Yusuf, A. (2024). Profil Nutrisi Larva Ulat Kuning (*Tenebrio molitor*) yang Dipelihara pada Empat Substrat Berbeda. *Future Foods*, 9 (April), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100388>
- Lienhard, A., Rehorska, R., Pöllinger-Zierler, B., Mayer, C., Grasser, M., & Berner, S. (2023). Protein Masa Depan: Pakan Berkelanjutan untuk Pemeliharaan *Tenebrio molitor* yang Terdiri dari Produk Sampingan Pangan. *Foods*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/foods12224092>
- López-Gómez, G., del Pino-García, R., López-Bascón, MA, & Verardo, V. (2024). Meningkatkan Pertumbuhan *Tenebrio molitor* dan Nilai Gizi melalui Suplementasi Limbah Sayuran. *Makanan*, 13(4), 1–16. <https://doi.org/10.3390/foods13040594>
- Mockus, E., Bartkien, E., Kiseliövien, S., & Zavistanavi, P. (2024). Ilmu Terapan Komposisi Nutrisi dan Parameter Keamanan Ulat Tepung (*Tenebrio molitor*) yang Dipelihara dengan Substrat yang Berasal dari Produk Sampingan. *Ilmu Terapan*, 14(7), 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app14072744>
- Molnár, Á., Abigeal, TO, & Fehér, M. (2022). Investigasi Parameter Produksi, Komposisi Nutrisi, dan Mineral Larva Ulat Tepung (*Tenebrio Molitor*) yang Ditumbuhkan pada Berbagai Substrat. *Acta Agraria Debreceniensi*, 1(20), 129–134. <https://doi.org/https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/10418>
- Moruzzo, R., Riccioli, F., Diaz, SE, Secci, C., Poli, G., & Mancini, S. (2021). Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*): Potensi dan Tantangan dalam Mendorong Ekonomi Sirkular. *Animals*, 11(9), 1–16.
- Muñoz-Seijas, N., Fernandes, H., Domínguez, JM, & Salgado, JM (2025). Kemajuan Terbaru dalam Biorefineri *Tenebrio molitor* dengan Mengadopsi Teknologi Hijau. *Teknologi Pangan dan Bioproses*, 18(2), 1061–1078. <https://doi.org/10.1007/s11947-024-03510-0>
- Riaz, K., Iqbal, T., Khan, S., Usman, A., Al-ghamdi, MS, Shami, A., Ali, R., Hadi, E., Almadiy, AA, Mohammed, F., Al, A., Alfuhaid, NA, Ahmed, N., & Alam, P. (2023). Optimasi Pertumbuhan dan Pemeliharaan Ulat Tepung (*Tenebrio molitor* L .) sebagai Sumber Pangan Berkelanjutan. *Foods*, 12(9), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12091891>
- Hapsari, D. G. P. L., Fuah, A. M., & Endrawati, Y. C. (2018). Produktifitas Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) pada media pakan yang berbeda. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 6(2), 53-59.
- Syahrulawal, L., Torske, MO, Sapkota, R., Næss, G., & Khanal, P. (2023). Peningkatan Nilai Gizi Larva Ulat Kuning *Tenebrio Molitor* (Coleoptera : Tenebrionidae) Sebagai Bahan Pakan Ternak : Tinjauan. *Jurnal Ilmu Hewan dan Bioteknologi*, 14(146), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00945-x>
- Vrontaki, M., Adamaki, C., Christos, S., & Anastasios, IR (2024). Pemanfaatan Hasil Sampingan Pertanian Lokal sebagai Substrat Nutrisi untuk Larva *Tenebrio Molitor*: Pendekatan Berkelanjutan untuk Produksi Protein Alternatif. *Ilmu Lingkungan dan Penelitian Polusi*, 31(24), 35760–35768. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33564-8>