
Pemanfaatan minyak maggot (*Hermetia illucens*) sebagai bahan baku alternatif dalam produksi gliserin

Utilization of larva black soldier fly oil (*Hermetia illucens*) as an alternative raw material in glycerin production

Ahmad Maulidan Abdullah¹, Kaysan Ukail J.¹, Naurah Safinattun Rahmat¹, Malihah Rafifah Mauluddin¹, Sukriyati¹, Aminah Hajah Thaha²

¹Madrasah Aliyah Negeri 2 Kota Makassar

²Ilmu Peternakan, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

*Korespondensi: sukriyati70@yahoo.com

Diterima Tanggal 25 Oktober 2025, Disetujui Tanggal 08 Januari 2026

DOI <https://doi.org/10.51978/japp.v26i1.18>

Abstrak

Gliserin banyak digunakan sebagai bahan baku industri kimia, farmasi, dan kosmetik, tetapi sumber komersialnya masih didominasi oleh lemak babi non-halal. Larva Black Soldier Fly (BSF) mampu mendegradasi limbah organik dan menghasilkan minyak maggot bernutrisi tinggi. Minyak maggot mengandung asam laurat antibakteri dan asam lemak penting lainnya. Penelitian ini bertujuan menghasilkan gliserin dari minyak maggot dan mengevaluasi karakteristiknya berdasarkan standar teknis gliserin SNI 06-1564-1995. Eksperimen laboratorium dilakukan dengan membudidayakan larva BSF, mengekstrak minyak maggot, lalu melalui proses transesterifikasi-hidrolisis menghasilkan gliserin. Gliserin yang dihasilkan diuji karakteristik kimia (kadar air, pH, berat jenis) dan fisik (warna, kejernihan, viskositas) kemudian dibandingkan dengan standar teknis SNI gliserin. Hasil penelitian menunjukkan gliserin yang diperoleh berwarna jernih dan tidak berwarna, bersifat netral, dengan kadar air <5% (memenuhi batas SNI $\leq 5\%$), viskositas $\sim 1412 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (20°C), dan berat jenis $1,260 \text{ g/cm}^3$ (20°C). Semua parameter utama gliserin maggot memenuhi standar teknis SNI 06-1564-1995. Kejernihan sempurna mengindikasikan minimnya kontaminan (sisa sabun/garam). Secara keseluruhan, gliserin minyak maggot memenuhi spesifikasi SNI dan memiliki sifat yang mendekati gliserin murni komersial. Dengan demikian, minyak maggot layak digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam produksi gliserin.

Kata Kunci: keberlanjutan lingkungan, kosmetik, limbah organik, standar nasional indonesia

Abstract

Glycerin is widely used as a raw material in the chemical, pharmaceutical, and cosmetic industries; however, its commercial sources are still predominantly derived from non-halal pork fat. Black Soldier Fly (BSF) larvae are capable of degrading organic waste and producing highly nutritious maggot oil. Maggot oil contains antibacterial lauric acid and other essential fatty acids. This study aims to produce glycerin from maggot oil and evaluate its characteristics in accordance with the technical standards for glycerin in SNI 06-1564-1995. Laboratory experiments were conducted by cultivating BSF larvae, extracting maggot oil, and then producing glycerin through a transesterification-hydrolysis process. The resulting glycerin was tested for its chemical (moisture content, pH, and specific gravity) and physical (color, clarity, and viscosity) characteristics, and then compared with the SNI technical standard for glycerin. The results showed that the glycerin obtained was clear and colorless, neutral in nature, with a moisture content of <5% (meeting the SNI limit of $\leq 5\%$), a viscosity of $\sim 1412 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (20°C), and a specific gravity of 1.260 g/cm^3 (20°C). All main parameters of maggot glycerin meet the SNI 06-1564-1995 technical standard. Perfect clarity indicates minimal contamination (soap/salt residues). Overall, maggot oil glycerin meets SNI specifications and has properties close to those of commercial pure glycerin. Thus, maggot oil is suitable as an alternative raw material for glycerin production.

Keywords: cosmetics, enviromental sustainability, indonesian national standards, organic waste

PENDAHULUAN

Black soldier fly larva (BSFL) merupakan larva dari serangga spesies *Hermetia illucens*, pendegradasi limbah organik (Fauzi dan Muharram, 2019) dengan tingkat keefektifan yang cukup tinggi. Maggot dapat melakukan biokonversi sampah dan mengubah limbah organik menjadi beberapa produk bernilai tambah (Supartini *et al.*, 2024). Minyak maggot mengandung asam laurat yang memiliki aktivitas antibakteri (Zeits *et al.* 2015; Schiavone *et al.* 2016). Senyawa bioaktif peptida, asam lemak rantai sedang, dan kitin dapat diproduksi dari minyak maggot (Supartini *et al.*, 2024). Selain itu, minyak maggot mengandung asam lemak tak jenuh seperti asam oleat dan asam linoleat, serta asam lemak jenuh seperti asam laurat dan asam miristat.

Teknologi ekstraksi merupakan cara memisahkan minyak dari maggot. Penggunaan pelarut petroleum eter dalam ekstraksi minyak maggot yang dilakukan oleh Ishak *et al.* (2018) memperoleh hasil ekstraksi yaitu sebesar 56%. Transesterifikasi menggunakan pereaksi berupa alkohol, sedangkan hidrolisis menggunakan pereaksi berupa air. Melalui proses ini trigliserida dalam minyak tersebut dapat dipecah menjadi asam lemak bebas dan gliserin. Gliserin juga dikenal sebagai gliserol (1,2,3-propanetriol) adalah senyawa alkohol trihidrat dengan rumus struktur $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$. Gliserin merupakan senyawa gliserida paling sederhana yang gugus hidroksilnya bersifat higroskopis dan hidrofilik. Pembentukan lapisan yang bersifat higroskopik oleh gliserin, dapat mempertahankan dan menyerap air dari udara untuk mencegah terjadinya dehidrasi pada lapisan stratum korneum (Ayu *et al.*, 2023). Oleh karena itu gliserin banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri kimia, farmasi dan kosmetik.

Saat ini permintaan terhadap gliserin terus meningkat, akan tetapi kebanyakan gliserin yang dimanfaatkan berbahan dasar lemak hewani non halal ataupun tidak

disembelih sesuai syariat Islam. Ester dan gliserin dapat dihasilkan dari reaksi alkohol dan trigliserida yang terdapat pada lemak babi (Setiawan *et al.*, 2017). Gliserin yang mengandung lemak babi tentunya haram bagi umat muslim. Permintaan terhadap gliserin mentah terus meningkat, namun sebagian besar produk yang beredar masih berbahan dasar minyak babi. Lemak babi mengandung trigliserida yang ketika bereaksi dengan alkohol akan menghasilkan ester dan gliserol [6]. Kondisi ini menimbulkan kebutuhan akan sumber gliserin alternatif yang lebih aman dan halal. Oleh karena itu, pemanfaatan minyak maggot sebagai bahan baku gliserin menjadi solusi potensial. Dengan merekayasa pakan maggot, dapat dihasilkan minyak berkualitas tinggi yang kemudian diolah menjadi gliserin aman bagi umat muslim.

Menurut survei yang dilakukan oleh Badan Penjaminan Produk Halal (BPJPH, 2021), sekitar 50% produk kosmetik di Indonesia memerlukan gliserin yang dijamin halal. Menurut Badan Sertifikasi Halal Indonesia (LHSI, 2020), pasar kosmetik halal di Indonesia diperkirakan akan tumbuh sebesar 15–25% per tahun antara tahun 2020 dan 2025. Fenomena tersebut seiring dengan kesadaran masyarakat yang meningkat hingga 70% khususnya kaum milenial akan kebutuhan kehalalan bahan baku dalam produk yang dikonsumsi maupun dimanfaatkan sebagai kosmetik dan obat-obatan (MUI, 2020). Pemanfaatan minyak maggot sebagai bahan gliserin tentunya merupakan langkah nyata penerapan teknologi untuk menghasilkan produk halal dan ramah lingkungan.

Produksi gliserin dari maggot tidak hanya menawarkan nilai ekonomi baru, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan. Inovasi ini berkontribusi pada pengurangan limbah organik, pengurangan ketergantungan pada bahan baku non-halal, serta peningkatan kesadaran masyarakat terhadap praktik ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan gliserin dari

minyak maggot dan karakteristik gliserin dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1564-1995).

BAHAN DAN METODE

Budidaya maggot dilakukan di Kelurahan Mappala Kecamatan Rappocini Kota Makassar. Persiapan bahan baku berupa tepung maggot dilakukan di Laboratorium Basic Animal Jurusan Ilmu Peternakan UIN Alauddin Makassar, sedangkan pembuatan minyak maggot dan pengujian dilakukan di Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia UIN Alauddin Makassar. Penelitian ini merupakan eksperimental laboratorium yang menguji secara langsung gliserin yang bahan bakunya berasal dari minyak maggot (hasil ekstraksi dari larva BSF). Hasil dari uji karakteristik gliserin yang diperoleh akan dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1564-1995).

Teknik pengumpulan data terdiri dari observasi proses budidaya maggot sampai pengolahan dari larva *Black Soldier Fly* menjadi gliserin, pengujian gliserin secara kimia (kadar air, berat jenis, pH) dan fisik (kejernihan, kekentalan dan warna), serta dokumentasi seluruh proses penelitian mulai dari budidaya sampai menjadi gliserin. Analisis data pada penelitian ini terdiri dari analisis deskriptif yaitu menyajikan data hasil uji kimia dan fisik dalam bentuk tabel dan grafik, perbandingan yaitu membandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1564-1995), dan interpretasi hasil penelitian yaitu merekomendasikan kelayakan minyak maggot sebagai alternatif gliserin. Berikut prosedur pengujian gliserin secara kimia dan fisik;

a. Uji kadar air dilakukan dengan cara gliserin yang akan di uji dimasukkan dalam cawan porselin lalu di timbang. Cawan porselin (yang telah di ketahui bobotnya) yang berisi gliserin di pindahkan kedalam oven. Oven dipanaskan selama 2 jam pada suhu 105°C kemudian sampel di keluarkan dari

oven dan disisipkan dalam destilator. Sampel lalu ditimbang dan kembali dimasukkan ke dalam oven selama 1 jam pada suhu 105°C. Sampel di dinginkan kembali kemudian di timbang dan dimasukkan kembali sampel ke dalam oven selama 30 menit pada suhu 105°C. Sampel di dinginkan kembali kemudian di timbang.

- b. Uji berat jenis dilakukan dengan cara piknometer kosong di timbang terlebih dahulu. Piknometer diisi dengan aquadest hingga penuh lalu di timbang (ukur suhu H₂O). Piknometer yang berisi aquadest di kosongkan dan di keringkan, lalu di isi dengan gliserin sampai penuh. Kemudian dilakukan perhitungan nilai bobot jenis nya.
- c. Uji pH dilakukan dengan cara 1 gram gliserin dicampurkan dengan 10 ml H₂O. Larutan kemudian diukur dengan pH meter lalu diamati angka yang tertera.
- d. Uji kejernihan dilakukan dengan cara gliserin dituangkan ke dalam tabung reaksi hingga volume sekitar 5 mL. Tabung ditempatkan di depan latar belakang putih dan diterangi dengan cahaya lampu datar. Sampel diamati dari arah samping dan atas untuk memastikan tidak terdapat partikel atau kekeruhan. Tabung digerakkan perlahan agar partikel tersuspensi dapat terdeteksi jika ada. Pengamatan dapat diulangi dengan latar belakang hitam untuk memperjelas hasil.
- e. Uji Kekentalan (Viskositas) dilakukan dengan cara sampel gliserin ditempatkan di dalam wadah tahan panas dan dipanaskan di *water bath* hingga suhu stabil pada 20–25°C. Viskometer diisi dengan gliserin hingga tanda batas yang telah ditentukan. Gelembung udara di dalam alat dihilangkan agar aliran cairan berlangsung merata. Aliran gliserin dibiarkan bergerak karena pengaruh gravitasi, dan waktu yang dibutuhkan untuk melewati dua tanda pengukuran dicatat menggunakan stopwatch. Pengukuran

dilakukan sebanyak tiga kali untuk memperoleh nilai waktu rata-rata.

- f. Uji Warna dilakukan dengan cara tabung reaksi diisi dengan gliserin hingga tinggi 5 mL. Sampel diamati di bawah cahaya putih dengan latar belakang putih atau kuning pucat. Warna gliserin dibandingkan dengan air murni sebagai pembanding standar..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Gliserin Minyak Maggot

Tahap pertama proses pembuatan gliserin diawali dengan persiapan bahan baku yaitu maggot yang telah dibudidayakan selama

25 hari dipanen terlebih dahulu. Berikutnya maggot dikeringkan untuk dijadikan tepung dengan menggunakan oven suhu 50-60°C selama 48 jam kemudian diblender. **Tahap kedua** adalah ekstraksi minyak dari tepung maggot dengan menggunakan alat ekstraksi Soxhlet, kemudian ditambahkan pelarut n-heksana dan panaskan. Ekstraksi selama ± 6 jam hingga minyak maggot terkumpul selanjutnya dievaporasi untuk mendapatkan minyak maggot murni. Minyak maggot dapat diekstraksi melalui proses pengeringan dan pemanasan sehingga menghasilkan minyak yang mengandung banyak nutrisi (Afriani *et al.*, 2023; Putra, 2024; Wang *et al.*, 2021).

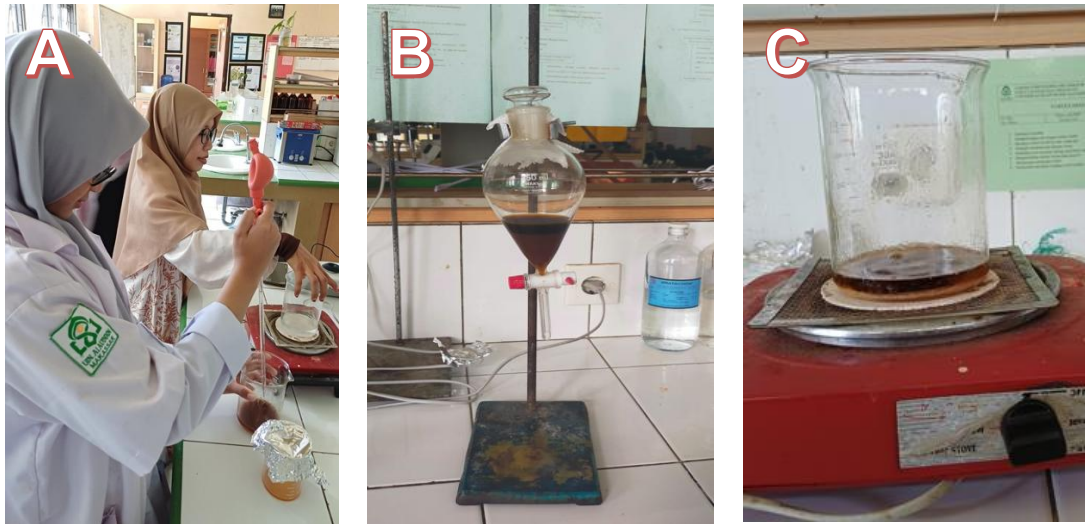


Gambar 1. Proses pengeringan maggot (A), pembuatan tepung maggot (B), ekstraksi minyak maggot dengan Soxhlet (C)

Tahap ketiga adalah proses transesterifikasi yaitu mencampurkan minyak larva dan metanol dengan rasio perbandingan 1:6, lalu tambahkan katalis yaitu NaOH sebanyak 1% dari berat minyak, setelah itu aduk campuran selama 1-2 jam di suhu 55-60 °C dan biarkan selama 12 - 24 jam. Pada tahap ini akan terjadi pemisahan, dimana lapisan bawah adalah gliserin mentah yang masih mengandung katalis, sisa sabun, dan metanol.

Proses netralisasi dengan memisahkan gliserol menjadi tiga lapisan yaitu asam lemak bebas di lapisan atas, lapisan kaya akan gliserol di bagian tengah, dan garam anorganik di bagian bawah (Setiawan *et al.*, 2010). Tahap keempat berupa proses pemisahan gliserin dengan cara menggunakan corong pisah. Tahap kelima adalah pemurnian gliserin dengan cara menghilangkan sisa metanol dengan cara menambahkan air suling yang dipanaskan

secara perlahan sehingga gliserin yang lebih murni akan terpisah dan bisa dikeringkan kembali.



Gambar 2. Proses transesterifikasi (A), pemisahan gliserin (B), pemurnian gliserin (C)

Karakteristik Gliserin Minyak Maggot

Hasil pengujian laboratorium terhadap gliserin dari minyak maggot secara fisik dan kimia dibandingkan Standar Nasional Indonesia

(SNI Gliserin Teknis 06-1564-1995) disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan gliserin minyak maggot dan SNI Gliserin Teknis

Variabel Pengamatan	Data Penelitian	Standar Nasional Indonesia
Warna	Coklat kekuningan	Tidak berwarna – kuning
Kejernihan	Jernih dan tidak ada endapan	Jernih dan tidak ada endapan
Kadar air	< 5 %	Maks. 5 %
Viskositas (20°C)	1412 mPa·s	~1410 mPa·s
Berat jenis (20°C)	1,260 g/cm ³	1,260 – 1,263 g/cm ³
pH (larutan 5%)	6 – 7	Tidak ditetapkan

Gliserin yang dihasilkan dari minyak maggot berwarna coklat, sedangkan gliserin SNI tidak hingga kuning. Warna yang lebih gelap dapat disebabkan oleh sisa-sisa senyawa organik seperti sabun, minyak, atau hasil oksidasi pemanasan. Berbeda dengan hasil penelitian (Hazra & Septiawan, 2014) yang memurnikan gliserin dari hasil sampingan

pembuatan biodiesel minyak babi menghasilkan warna kuning muda. Tetapi sejalan dengan penelitian (Novitasari *et al.*, 2012) yang menghasilkan gliserin dari minyak jelantah juga menunjukkan warna coklat kekuningan akibat proses pemurnian yang belum sempurna. Begitu pula dengan penelitian (Azaria Robiana *et al.*, 2017) yang membuat

plasticizer dari gliserin dengan penampakan berwarna coklat gelap. Penggunaan karbon aktif 3% dapat menjadi solusi menurunkan intensitas warna mendekati SNI.

Gliserin dari minyak maggot jernih dan tidak ada endapan sesuai dengan SNI. Hal ini menunjukkan bahwa sisa sabun, katalis basa, dan partikel padat terpisah sempurna pada tahap netralisasi dan filtrasi. Hasil penelitian (Hudha, 2018) menunjukkan proses asidifikasi menggunakan beberapa asam dapat digunakan untuk memurnikan gliserin sehingga tahap netralisasi dan filtrasi dapat berjalan dengan sempurna. Proses asidifikasi tersebut mampu meningkatkan kejernihan seiring dengan penurunan kadar sabun.

Kadar air <5 % berasal dari gliserin minyak maggot sesuai dengan batas yang ditetapkan SNI. Kadar air yang rendah didalam gliserin akan menyebabkan produk lebih stabil karena sifatnya yang tidak mudah berubah (Mukminin *et al.*, 2023). Rendahnya kadar air pada gliserin menjadi salah satu indikasi bahwa suhu dan waktu pengeringan maggot berjalan optimal. Nilai viskositas minyak maggot mendekati standar SNI gliserin pada 20°C. Viskositas akan turun bila kadar air naik, hal ini sejalan dengan kadar air yang nilainya <5% (Sinaga *et al.*, 2014). Hal tersebut mengindikasikan bahwa gliserin minyak maggot yang dihasilkan murni (Wahyuni, 2017).

Adapun berat jenis sama dengan standar SNI gliserin, yang menandakan produk yang dihasilkan telah memiliki komposisi kimia dan kemurnian yang sangat baik. Hal tersebut dipengaruhi oleh tahap netralisasi dan filtrasi yang berjalan optimal (Novitasari *et al.*, 2012), sehingga berat jenis yang dihasilkan sama dengan SNI. Gliserin minyak maggot bersifat netral dan stabil (6-7). pH mendekati netral di larutan encer dapat menjadi indikator dapat dimanfaatkan untuk aplikasi kosmetik dan pangan, karena senyawa yang bersifat asam dan basa sudah tidak ada. Berbeda dengan hasil penelitian (Hudha, 2018) yang menghasilkan gliserin kasar yang berasal dari

hasil samping biodiesel dari minyak goreng bekas dengan pH 10,00 yang bersifat basa.

KESIMPULAN

Gliserin minyak maggot yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi sebagian besar kriteria Standar Nasional Indonesia 06-1564-1995 dari aspek kejernihan, kadar air, viskositas, berat jenis, dan pH.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, Y., Rahayu, R., & Santoso, P. (2023). Fatty Acid And Hematology Profile Of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Maggot Oil In Wound Healing. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 39(2), 429–433. <https://doi.org/10.52155/ijpsat.v39.2.5523>
- Ayu, D. G., Gea, S., Andriyani, Telamubanua, D. J., Piliang, A. F. R., Harahap, M., Yen, Z., Goei, R., & Tok, A. L. Y. (2023). Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Using N-Doped ZnO/Carbon Dot (N-ZnO/CD) Nanocomposites Derived from Organic Soybean. *ACS Omega*, 8(17), 14965–14984. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07546>
- Azaria Robiana, M. Yashin Nahar, & Hamidah Harahap. (2017). Pemanfaatan Gliserin dari Residu Gliserin Sebagai Plasticizer Pembuatan Bioplastik dengan Bahan Baku Pati Bonggol Pisang Kepok. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4), 26–32. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1551>
- Fauzi, M., & Muharram, L. H. (2019). Karakteristik Bioreduksi Sampah Organik oleh Maggot BSF (Black Soldier Fly) pada Berbagai Level Instar: Review. *Journal of Science, Technology and Enterpreunership*, 1(2), 134–139. <http://www.ejournal.umbandung.ac.id/index.php/JSTE>
- Hazra, F., & Septiawan, I. (2014). Pemurnian Gliserol dari Hasil Samping Produksi Biodiesel Minyak Kelapa Sawit (Purification of Glycerol from the By-

- Product of Palm Oil Biodiesel Production). *Jurnal Sains Terapan Edisi IV*, 1(1), 53–58.
- Hudha, I. (2018). Pemurnian Gliserin Produk Samping Produksi Biodiesel Dengan Metode Asidifikasi. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 1(2), 1–6.
<https://doi.org/10.26740/icaj.v1n2.p68-73>
- Mukminin, A., Megawati, E., Ariyani, D., Warsa, I. K., Monde, J., & Sapril. (2023). Pengaruh Waktu Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Bantuan Katalis Basa NaOH terhadap Sifat Fisika dan Kimia Produk Biodiesel. *Journal on Education*, 05(02), 3817–3825.
- Novitasari, D., Ratnasari, D., & Ardiana Setyawardhani, D. (2012). Pemurnian Gliserol Hasil Samping Pembuatan Biodiesel. *Ekuilibrum*, 11(1), 13–17.
- Putra, M. F. A. (2024). *Optimasi Proses Ekstraksi Minyak Ulat Maggot Black Soldierfly (Hermetia Illucens) Dengan Metode Sokletasi Menggunakan Response Surface Methodology*. Politeknik Negeri Lampung.
- Schiavone, A., Cullere, M., De Marco, M., Meneguz, M., Biasato, I., Bergagna, S., Dezzutto, D., Gai, F., Dabbou, S., Gasco, L., & Zotte, A. D. (2017). Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: Effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 16(1), 93–100.
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249968>
- Setiawan, H., Puspitasari, A., & Susiany Retnoningtyas, E. (2010). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Babi. *Widya Teknik*, 9(2), 111–120.
- Sinaga, S. V., Haryanto, A., & Triyono, S. (2014). Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1), 27–34.
- Supartini, N., Ahmadi, K., Ka'arayeno, A. J., & Sumarno. (2024). Pelatihan dan Pendampingan Ekstraksi Minyak Maggot dan Penepungan Maggot di UKM Grand Larva Kota Malang. *Jurnal Aplikasi Sains Dan Teknologi*, 8(1), 39–49. <https://doi.org/10.33366/jast.v8i1>
- Wahyuni, S. (2017). Sifat Fisiko-Kimia Produk Esterifikasi Berbahan Gliserol Hasil Samping Biodiesel pada Berbagai Tingkat Kemurnian. *Jurnal Agroindustri Halal*, 3(2), 160–169.
<https://doi.org/10.30997/jah.v3i2.858>
- Wang, J., Jousse, M., Jayakumar, J., Fernández-Arteaga, A., de Lamo-Castellví, S., Ferrando, M., & Güell, C. (2021). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Protein Concentrates as a Sustainable Source to Stabilize O/W Emulsions Produced by a Low-Energy High-Throughput Emulsification Technology. *Foods*, 10(1048), 1–21.
<https://doi.org/10.3390/foods10051048>