



Ekstraksi Minyak Ulat Hongkong Menggunakan Metode Soxhletasi dengan Pelarut Petroleum Eter

Rietias Sarinastiti Nurmin^{1*}, Adrian Satria Kemal², Maya Ramadiani Musadi³

¹⁻³Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

*Penulis Korespondensi: rietias.sarinastiti@mhs.itenas.ac.id

Abstract. Due to global food issues, alternative sources are needed to replace oil such as vegetable and animal oils to produce oil-based products. However, increasing issues about animal-derived products are becoming an environmental problem. Yellow mealworm as a potential source of oil, has attracted the interest of researchers due to its ability to accumulate fat by feeding on organic waste. This study investigates the effect of variation in petroleum ether solvent ratio and extraction time on the yield, acid number and water content of Yellow mealworm. The variations of the ratio of caterpillar and solvent used were 1:6, 1:8, and 1:10, with extraction time of 5, 6, and 8 hours at 65°C. The best results of this study showed that the ratio of caterpillar and solvent 1:10 with extraction time of 8 hours produced the highest oil yield of 15% with FFA content of 6.88%. Extraction using the soxhletation method with petroleum ether solvent can reduce the water content from 80% to 0.21%.

Keywords: Mealworms; Moisture Content; Oil Extraction; Petroleum Ether; Soxhlet Extraction.

Abstrak. Berkenaan dengan isu pangan global kebutuhan sumber alternatif untuk menggantikan minyak seperti minyak nabati dan hewani untuk menghasilkan produk berbasis minyak. Namun, peningkatan isu-isu tentang produk yang berasal dari hewan menjadi masalah lingkungan. Ulat hongkong sebagai sumber minyak yang potensial, telah menarik minat para peneliti karena kemampuan ulat hongkong untuk mengakumulasi lemak dengan memakan limbah organik. Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi rasio pelarut petroleum eter dan waktu ekstraksi terhadap yield, bilangan asam dan kandungan air pada minyak ulat hongkong. Variasi rasio ulat hongkong dan pelarut yang digunakan adalah 1:6, 1:8, dan 1:10, dengan waktu ekstraksi selama 5, 6, dan 8 jam pada suhu 65°C. Hasil terbaik dari penelitian ini menunjukkan bahwa perbandingan rasio ulat hongkong dan pelarut 1:10 dengan waktu ekstraksi 8 jam menghasilkan yield minyak tertinggi 15% dengan kandungan FFA sebesar 6,88%. Ekstraksi menggunakan metode soxhletasi dengan pelarut petroleum eter dapat menurunkan kadar air dari 80% menjadi 0,21%.

Kata Kunci: Ekstraksi Minyak; Kadar Air; Petroleum Eter; Soxhletasi; Ulat Hongkong.

1. LATAR BELAKANG

Kebutuhan akan sumber minyak alternatif terus meningkat seiring dengan berkembangnya industri pangan, farmasi, kosmetik, dan pakan ternak. Selama ini, sebagian besar minyak diperoleh dari tanaman dan hewan konvensional. Namun, peningkatan permintaan serta keterbatasan sumber daya mendorong pencarian bahan baku baru yang lebih berkelanjutan. Salah satu sumber lipid yang mulai mendapat perhatian adalah serangga. Dibandingkan dengan ternak konvensional, serangga memiliki efisiensi konversi pakan yang tinggi, membutuhkan lahan dan air yang lebih sedikit, serta menghasilkan emisi gas rumah kaca yang lebih rendah. Oleh karena itu, serangga dinilai memiliki potensi besar sebagai sumber biomassa yang kaya akan protein dan lemak.

Minyak adalah komponen penting dalam kehidupan manusia dan merupakan sumber energi utama yang banyak digunakan di berbagai sektor industri seperti farmasi, makanan, dan otomotif (Naomi Agustina & Amelia, 2026). Setiap gram minyak dapat menghasilkan energi

sebesar 9 kkal, jauh lebih tinggi dibandingkan karbohidrat dan protein yang hanya menghasilkan 4 kkal per gram. Minyak nabati khususnya mengandung asam lemak esensial seperti asam linoleat, lenolenat, dan arakidonat, yang membantu mencegah penyempitan pembuluh darah akibat kolesterol. Minyak juga berperan sebagai sumber dan pelarut bagi vitamin A, D, E, dan K (Fiece Aya et al., 2025; Hao Sen Siaw et al., 2021). Minyak dapat diperoleh dari sumber nabati dan hewani, dan salah satu bahan baku yang digunakan adalah ulat hongkong.

Ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) merupakan larva berwarna merah kehitaman atau hitam yang termasuk dalam ordo Coleoptera. Ulat ini dapat dibudidayakan dan dijadikan komoditas yang memiliki nilai jual tinggi. Kandungan nutrisi yang tinggi menjadikan ulat hongkong sebagai sumber pakan protein hewani yang baik bagi ternak (Hasan, N., & Ratnam, M. V., 2022). Ulat hongkong mudah untuk dibudidayakan dan memiliki kandungan nutrisi seperti protein kasar 48%, lemak kasar 40%, kadar abu 3%, kadar air 57%, dan ekstrak non-nitrogen 8% (Siow, H. Sen, et. al., 2021). Budidaya ulat hongkong relatif mudah dilakukan dan menawarkan peluang bisnis yang menjanjikan karena tingginya permintaan, yang dapat meningkatkan harga jual minyak yang dihasilkan. Selain itu, ulat hongkong memiliki potensi sebagai bahan baku biodiesel karena mengandung asam lemak jenuh sebesar 45,40% (Siow, H. Sen, et. al., 2021). Berdasarkan penelitian di Institut Teknologi Nasional Bandung, biodiesel yang dihasilkan dari minyak ulat hongkong mencapai 77% (Imat Nur Salim et.al., 2020), menunjukkan potensi besar minyak ulat hongkong sebagai bahan baku biodiesel. Serangga merupakan kelompok organisme dengan jumlah spesies terbanyak dalam filum Arthropoda. Hingga saat ini telah teridentifikasi sekitar 950.000 spesies serangga di seluruh dunia, yang mencakup sekitar 59,5% dari seluruh organisme yang telah ditemukan dan diklasifikasikan. Tingginya keanekaragaman tersebut didukung oleh kemampuan serangga untuk beradaptasi pada berbagai tipe habitat, mulai dari ekosistem alami seperti hutan primer hingga lingkungan buatan manusia, seperti lahan pertanian dan perkebunan (Meilin & ., 2016).

Secara taksonomi, serangga termasuk ke dalam filum Arthropoda (dari bahasa Yunani *arthros* yang berarti sendi atau ruas, dan *podos* yang berarti kaki), subfilum Mandibulata, serta kelas Insecta. Tubuh serangga tersusun atas tiga bagian utama, yaitu kepala (*caput*), dada (*thoraks*), dan perut (*abdomen*) (Yumaida, 2020). Dalam penelitian ini, spesies serangga yang digunakan adalah ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*), yang dikenal memiliki kandungan nutrisi, khususnya lemak, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku ekstraksi minyak.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi minyak ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*) menggunakan metode Soxhletasi dengan pelarut petroleum eter

serta mengevaluasi hasil ekstraksi yang diperoleh. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi ulat Hongkong sebagai sumber minyak alternatif sekaligus menjadi referensi bagi pengembangan teknologi ekstraksi minyak serangga yang lebih efektif dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan tahapan-tahapan yang meliputi persiapan bahan baku, ekstraksi ulat hongkong dan analisis produk. Persiapan bahan baku terdiri dari ekstraksi minyak dari ulat hongkong dan penentuan bilangan asam minyak ulat hongkong. Pada penelitian ini parameter yang digunakan adalah variasi waktu dan perbandingan pelarut petroleum eter terhadap ulat hongkong. Untuk waktu yang digunakan adalah 5, 6, dan 8 jam dengan perbandingan pelarut terhadap ulat hongkong yaitu 1:6, 1:8, dan 1:10.

Persiapan Bahan Baku

Sebelum memulai proses ekstraksi bahan baku harus terlebih dahulu dilakukan proses persiapan bahan baku dengan menimbang ulat hongkong yang akan diekstrak, masukkan ke dalam freezer pada suhu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan ulat hongkong yang sudah beku dihancurkan dengan menggunakan blender. Setelah itu, dilakukan proses ekstraksi menggunakan metode soxhletasi dengan variasi yang telah ditentukan untuk mendapatkan minyak ulat hongkong dan dilanjutkan proses distilasi untuk memisahkan pelarut dan minyak yang tercampur. Untuk mendapatkan nilai Yield (%) dilakukan perhitungan menggunakan persamaan.

$$Yield = \frac{\text{Hasil Ekstraksi Minyak}}{\text{Massa Umpa}} \times 100 \dots\dots\dots (i)$$

Penentuan Bilangan Asam

Bilangan asam dari minyak yang telah diekstraksi perlu diketahui terlebih dahulu. Penentuan bilangan asam dari minyak ulat hongkong dilakukan dengan menimbang sebanyak 0,5 gr minyak ulat hongkong dan dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 ml. Kemudian, tambahkan 25 ml alkohol netral dan panaskan erlenmeyer selama 30 menit. Setelah itu, dinginkan sejenak dan dilanjutkan proses titrasi dengan NaOH 0,1 N dan indikator penolphtalein sebanyak 3-5 tetes. Untuk mendapatkan nilai bilangan asam dilakukan perhitungan menggunakan persamaan.

$$FFA = \frac{\text{Volume Titrasi NaOH} \times N \text{ NaOH} \times BE \text{ NaOH}}{\text{Berat Sampel}} \dots\dots\dots (ii)$$

Penentuan Kadar Air

Pada proses penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan air yang masih terdapat didalam minyak ulat hongkong. Pada proses penentuannya dilakukan dengan menyiapkan cawan porselin kering yang sudah ditimbang berat kosongnya, setelah itu teteskan sedikit minyak ulat hongkong kedalam smapel dan timbang untuk mendapatkan berat cawan+minyak, dan dilanjutkan dengan memanaskan pada oven dengan suhu 60 °C. Setelah itu keluarkan dan dinginkan sebentar, lalu timbang untuk mendapatkan berat cawan+minyak setelah pemanasan. Untuk mendapatkan nilai kadar air (%) dilakukan perhitungan menggunakan persamaan.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(\text{massa cawan+sampel sebelum pemanasan})-(\text{massa cawan+sampel setelah pemanasan})}{(\text{massa cawan+sampel sebelum pemanasan})-\text{massa cawan kosong}} \dots\dots\dots(iii)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini adalah penelitian lanjutan dengan tujuan untuk mengurangi kadar air dalam minyak ulat hongkong. Pada penelitian sebelumnya, kadar air dalam minyak ulat hongkong mencapai 70-90%. Sedangkan pada penelitian ini hasil dari kadar air dalam minyak ulat hongkong sebesar 0,21%. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Bilangan Asam dan Kadar Air yang Diperoleh Berdasarkan Penelitian Sebelumnya.

Penelitian Sebelumnya	Parameter	
	Kadar Air (%)	FFA (%)
Imat & Yollanda, 2020	70-90	0,2725
Hao Sen S. & dkk, 2021	0,215	10,845
Melly & Lolla, 2023	70-80	0,2796

Tabel 2. Bilangan Asam dan Kadar Air yang Diperoleh Berdasarkan Penelitian Saat Ini.

Volume (mL)	Parameter			
	Waktu Ekstraksi (Jam)			Kadar Air (%)
	5	6	8	
	FFA (%)			
150	3,49	5,13	6,28	0,210*
200	4,99	5,60	6,33	
250	5,00	6,73	6,88	

*) Ukuran ulat hongkong 2 dengan pelarut 250 ml dan waktu ekstraksi 8 jam

Ulat hongkon hongkong 1

Ulat hongkon hongkong 2



Gambar 1. Hasil Ekstraksi Minyak Ulat Hongkong.

(Sumber : Melly & Lola, 2023)



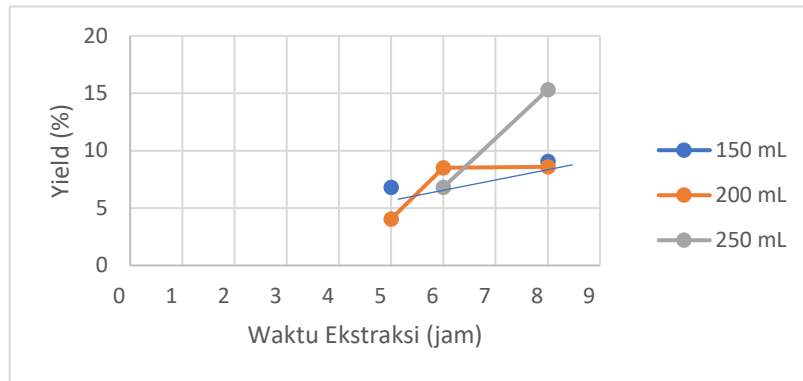
Gambar 2. Hasil Ekstraksi Minyak Ulat Hongkong Saat Ini.

Penelitian yang dilakukan adalah dengan mengekstraksi minyak dari ulat hongkong (*Yellow Mealworm Beetle*) menggunakan metode ekstraksi soxhletasi dengan pelarut petroleum eter. Penelitian diawali dengan melakukan pembekuan ulat hongkong pada suhu - 20°C, kemudian dilakukan soxhletasi untuk mendapatkan minyak ulat hongkong. Pengaruh waktu reaksi dan perbandingan pelarut dan massa ulat hongkong terhadap hasil soxhletasi dipelajari pada penelitian ini.

Soxhletasi dilakukan pada suhu 65°C dengan variasi waktu 5, 6 dan 8 jam dan perbandingan ulat hongkong dengan pelarut yakni 1:6, 1:8 dan 1:10. Parameter yang diukur adalah bilangan asam minyak ulat hongkong, jumlah siklus yang dicapai hingga keadaan konstan dan % yield.

Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Perbandingan Pelarut dengan Massa Ulat Hongkong terhadap Yield (%)

Yield (%) merupakan perbandingan massa minyak yang dihasilkan pada saat ekstraksi dengan massa ulat hongkong yang diumpankan yang dinyatakan dalam persen. Nilai yield (%) menyatakan banyaknya minyak ekstraksi yang dihasilkan dari sejumlah ulat hongkong yang diumpankan. Berdasarkan teori, minyak ulat hongkong akan bertambah banyak yang diperoleh akan semakin banyak sering bertambahnya waktu ekstraksi maupun perbandingan pelarut dengan massa ulat hongkong. Hal ini dikarenakan, semakin bertambahnya pelarut dan waktu ekstraksi maka akan semakin banyak minyak ulat hongkong yang terbawa atau terekstraksi di dalam pelarut.



Gambar 3. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap Yield (%) (massa ulat hongkong 25 gram, suhu ekstraksi 65°C).

Gambar 3.4 menunjukkan grafik kenaikan Yield(%) terhadap waktu ekstraksi. Hasil Yield(%) yang diperoleh mengalami peningkatan. Peningkatan Yield (%) ini sejalan dengan teori di mana semakin lama waktu reaksi dan volume pelarut yang digunakan maka Yield(%) ini akan terus meningkat. Hal ini dapat terlihat dari Gambar 4 yang menunjukkan perolehan hasil yang mengalami peningkatan, dapat dilihat jelas dari grafik dari rentang waktu 5 dan 8 jam. Dimana pada kedua waktu tersebut hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan teori.

Adapun perbedaan alat yang digunakan berbeda untuk proses ekstraksi, yang dimana dapat mengakibatkan terdapat beberapa hasil yang tidak sesuai dengan teori tetapi hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda dan cenderung konstan seperti yang ditunjukkan pada volume pelarut 200 ml. Dimana pada pelarut dengan volume 200 ml alat yang dipakai sama. Hal ini juga dapat membuktikan bahwa pengaruh waktu ekstraksi terhadap Yield(%) juga akan mengalami kondisi konstan karena adanya faktor dari kejenuhan pelarut.

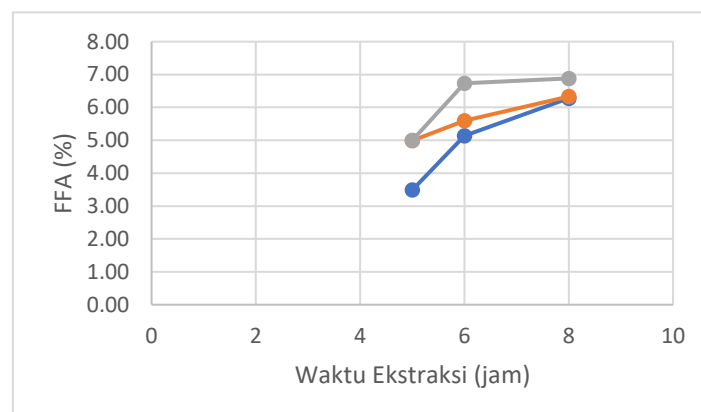
Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Perbandingan Pelarut dengan Massa Ulat Hongkong terhadap Bilangan Asam

Bilangan asam adalah ukuran jumlah asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak ulat hongkong. Bilangan asam dapat dinyatakan dalam persentase yaitu FFA. Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Nomor 332K/10/DJE/2019 bahwa standar bilangan asam adalah 0,4 mg KOH/g. Standar tersebut berkaitan dengan korosivitas pada logam (mesin) ketika digunakan. Semakin tinggi bilangan asam, maka tingkat korosivitas akan semakin tinggi.

Tabel 1 menunjukkan kandungan FFA dalam minyak ulat hongkong yang dihasilkan pada penelitian terdahulu sedangkan Tabel 2 menunjukkan kandungan FFA dari penelitian yang dilakukan. Berdasarkan pada kedua tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada penelitian yang saat ini telah dilakukan memiliki FFA lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian

sebelumnya (Imat & Yolanda, 2020) dan (Melly & Lola, 2023). Hal ini dapat disebabkan karena kandungan air pada penelitian sebelumnya lebih tinggi di mana kandungan air yang diperoleh pada rentang 70-80% (Melly & Lola, 2023) yang mengakibatkan pada FFA yang diperoleh lebih rendah. Sehingga hasil minyak yang diperoleh pada penelitian sebelumnya lebih cair dibandingkan dengan penelitian yang saat ini telah dilakukan. Selain itu, FFA yang dimiliki pada penelitian saat ini lebih rendah dari penelitian yang telah dilakukan oleh Hao Sen Siow, dkk, 2021. Di mana hasil yang diperoleh <10,845%. Hal ini menunjukkan bahwa FFA yang diperoleh dapat diturunkan kembali dari yang telah dilakukan oleh Hao Sen Siow, dkk, 2021.

Gambar 1 dan 2 menunjukkan perolehan produk yang didapat dari hasil ekstraksi ulat hongkong yang telah dilakukan pada penelitian terdahulu dan sekarang. Dimana pada penelitian yang telah dilakukan terdapat perbedaan pada proses ekstraksi tersebut, penelitian terdahulu untuk proses ekstraksinya menggunakan metode pengepresan dan bisa dilihat perolehaanya pada Gambar 1. kemudian penelitian yang dilakukan sekarang menggunakan ekstraksi soxhletasi dan hasil yang didapatkan terlihat pada Gambar 2. pada Gambar 1 dan 2 dapat dilihat perolehan minyak ulat hongkong yang memiliki perbedaan jelas, dimana perolehan minyak ulat hongkong yang didapat terlihat memiliki warna yang jauh berbeda. Ini dapat terjadi karena masih adanya jumlah kandungan air yang berbeda pada hasil yang didapat, pada minyak yang didapatkan dari hasil penelitian terbaru mempunyai warna yang lebih pekat dibandingkan dengan penelitian terdahulu. Dimana warna yang pekat menunjukkan bahwa kandungan air yang masih terdapat dalam minyak lebih sedikit. Hal ini membuktikan bahwa penelitian yang dilakukan sekarang terbukti efektif untuk mengurangi jumlah kandungan air yang terdapat dalam minyak ulat hongkong.



Gambar 4. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap FFA (massa ulat hongkong 25 gram, suhu ekstraksi 65°C).

Sama halnya dengan siklus konstan, FFA yang diperoleh akan meningkat seiring berjalannya waktu dan akan mencapai konstan ketika pelarut sudah mencapai keadaan tidak dapat lagi mengekstrak minyak ulat hongkong, seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.

Gambar 5 dan 6 menunjukkan ulat hongkong yang digunakan pada penelitian kali ini. Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan ukuran yang cukup signifikan dari ulat hongkong yang digunakan. Pada penelitian 1 ulat hongkong yang digunakan mempunyai ukuran yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan penelitian 2. Hal ini dapat menunjukkan bahwa ulat hongkong yang memiliki ukuran lebih besar tentunya juga mempunyai kandungan lemak yang lebih besar dibandingkan dengan yang ukurannya lebih kecil. Pada penelitian yang telah dilakukan ulat hongkong yang lebih kecil digunakan untuk penelitian 1, sedangkan untuk ukuran yang lebih besar digunakan untuk penelitian 2.



Gambar 5. Ulat Hongkong 1.



Gambar 6. Ulat Hongkong 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan FFA yang didapatkan pada penelitian yang telah dilakukan cenderung mengalami peningkatan. Terutama terlihat jelas pada data yang didapatkan secara keseluruhan, dimana dari hasil FFA yang didapatkan pada data ulat hongkong 1 memiliki hasil yang relatif lebih kecil dibandingkan dari data ulat hongkong 2. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan ulat hongkong yang berbeda akan menghasilkan FFA juga yang berbeda, dimana semakin besar ukuran ulat hongkong yang digunakan maka akan semakin besar juga FFA yang didapat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa minyak ulat hongkong yang dihasilkan memiliki karakteristik nilai Free Fatty Acid (FFA) dan kadar air dengan rentang nilai FFA sebesar 3,49–6,88% serta kadar air sebesar 0,21%. Perolehan yield tertinggi yaitu sebesar 15,316% diperoleh pada kondisi ekstraksi menggunakan metode soxhletasi dengan volume pelarut 250 ml, waktu ekstraksi selama 8 jam, dan jumlah siklus jenuh sebanyak 55 siklus. Metode ekstraksi soxhletasi yang dilanjutkan dengan proses distilasi terbukti efektif dalam mengurangi kandungan air pada minyak ulat hongkong sehingga menghasilkan kualitas minyak yang lebih baik. Selain itu, perbedaan karakteristik bahan baku ulat hongkong yang digunakan turut memengaruhi nilai FFA yang diperoleh, sehingga faktor bahan baku menjadi salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam proses produksi minyak ulat hongkong.

DAFTAR REFERENSI

- Ambarriny, Y., & Alim, I. N. (2020). *Kajian Awal Pembuatan Biodiesel dari Ulat Hongkong (Yellow mealworm beetle)*. Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Amelia, L., & Melly, P. S. (2023). *Studi Lanjut Pembuatan Bahan Bakar Cair Dari Minyak Ulat Hongkong*. Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Anderson, E., et.al. (2018). Microwave-Assisted Pyrolysis as an Alternative to Vacuum Distillation for Methyl Ester Recovery from Biodiesel Vacuum Distillation Bottoms. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 6(11), 14348–14355.
- Direktur Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Nomor 332K/10/DJE/2019. (2019). *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Lain Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri*. In 189 K/10/Dje/2019 (p. 5).
- Fiece Aya, et al. (2025). PEMANFAATAN TEKNOLOGI SONIKASI DALAM MENINGKATKAN KUALITAS MINYAK NABATI. *Jurnal Agrifoodtech*, 4(1). <https://doi.org/10.56444/q4vr9556>
- Hasan, N., & Ratnam, M. V. (2022). Biodiesel Production from Waste Animal Fat by Transesterification Using H₂SO₄ and KOH Catalysts: A Study of Physiochemical Properties. *International Journal of Chemical Engineering*, 1–7.
- Martín, M., & Grossmann, I. E. (2016). Optimal Integration of Algae-Switchgrass Facility for the Production of Methanol and Biodiesel. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 4(10), 5651–5658.
- Meilin, A., & . N. (2016). SERANGGA dan PERANANNYA DALAM BIDANG PERTANIAN dan KEHIDUPAN. *Jurnal Media Pertanian*, 1(1), 18. <https://doi.org/10.33087/jagro.v1i1.12>

- Naomi Agustina & Amelia (2026). Pemurnian Vitamin E dari Berbagai Sumber Bahan Alami dan Limbah Agroindustri. *Jurnal Agrifoodtech*, 5(1). <https://doi.org/10.56444/9n1z4f03>
- Siow, H. Sen, et. al. (2021). Mealworm (*Tenebrio molitor*) oil characterization and optimization of the free fatty acid pretreatment via acid-catalyzed esterification. *Fuel*, 299, 120905.
- Siregar, A. L. M., Idris, & Zultinir. (2014). Pembuatan biodiesel berbahan baku CPO menggunakan reaktor sentrifugal dengan variasi rasio umpan dan komposisi katalis. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1(1), 1–6.
- Wahyudi, B., Triana, N. W., & Mulyadi, E. (2016). Biodiesel Dari Minyak Ikan. *Jurnal Teknik Kimia*, 11(66), 24–29.
- Wulandari, N. (2020). Karakterisasi sifat fisik dan kimia lemak babi dan lemak sapi hasil ekstraksi dengan menggunakan variasi pelarut. Universitas Islam Negeri Malang.
- Yumaida. (2020). Keanekaragaman Serangga Pohon Di Ekosistem Pantai Kaca Kacu Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Biotik*, 1(2), 24–45.
- Zhang, H., Li, H., Xu, C. C., & Yang, S. (2019). Heterogeneously Chemo/Enzyme-Functionalized Porous Polymeric Catalysts of High-Performance for Efficient Biodiesel Production. *ACS Catalysis*, 9(12), 10990–11029