

PENGARUH PENAMBAHAN METANOL DAN METIL ESTER TERHADAP AKTIVITAS EKSTRAK KASAR ENZIM LIPASE DARI BUAH SAWIT LEWAT MATANG

THE EFFECT OF METHANOL AND METHYL ESTER ADDITION ON THE ACTIVITY OF LIPASE ENZYME CRUDE EXTRACT OF OVER-RIPPED OIL PALM FRUIT

Ribut Sugiharto^{1*}, Safitri Adiningrum¹, Novall C. Achmad¹, Puspita Yuliandri², Esa G.
Fadhallah¹, Subeki¹

¹ Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung Bandar Lampung

² Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung Bandar Lampung

* email korespondensi: ribut.sugiharto@fp.unila.ac.id

Tanggal masuk: 20 Oktober 2025

Tanggal diterima: 18 Desember 2025

Abstract

Overripe palm fruit is a potential source of crude lipase enzyme extract as a biocatalyst for biodiesel production. Lipase enzyme activity is influenced by many factors, one of which is organic solvents, such as methyl ester and methanol. The purpose of this study was to determine the effect of adding methanol and methyl ester in inhibiting the activity of crude lipase enzyme extracted from overripe palm fruit. The study was conducted using a Completely Randomized Block Design arranged factorially in 3 replications. The study was arranged in 2 factors; the first factor was the concentration of methyl ester (E) consisting of 4 levels (0%, 2%, 4%, and 6%) and the second factor was the concentration of methanol (M) consisting of 4 levels (0%, 2%, 4%, and 6%). The observation made was the activity of the crude lipase enzyme extract. The resulting data were analyzed by Analysis of Variance to obtain an estimate of the error variance and to determine whether there was an effect between treatments. The data were further analyzed using Orthogonal Polynomial to determine the pattern of relationship between treatment and observation results. The results of the study concluded that the addition of methyl ester and methanol to the substrate significantly affected the activity of the crude extract of lipase enzyme from overripe oil palm fruit. Increasing the concentration of methyl ester and methanol each decreased the activity of the lipase enzyme linearly. The combination of methyl ester and methanol in the substrate had a greater inhibitory effect on the activity of the crude extract of lipase enzyme compared to when methyl ester and methanol were added separately.

Keywords: enzyme activity, lipase, methanol, methyl ester, palm fruit.

Abstrak

Buah sawit lewat matang merupakan sumber ekstrak kasar enzim lipase yang potensial sebagai biokatalis produksi biodiesel. Aktivitas enzim lipase dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah pelarut organik, seperti metil ester dan metanol. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan metanol dan metil ester dalam penghambatan aktivitas enzim lipase kasar yang berasal dari buah sawit lewat matang. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap yang disusun secara faktorial dalam 3 ulangan. Penelitian disusun dalam 2 faktor; faktor pertama adalah konsentrasi metil ester (E) yang terdiri dari 4 taraf (0%, 2%, 4%, dan 6%) dan faktor kedua adalah konsentrasi metanol (M) yang terdiri dari 4 taraf (0%, 2%, 4%, dan 6%). Pengamatan yang dilakukan adalah aktivitas ekstrak kasar enzim lipase. Data yang dihasilkan dianalisis dengan analisis sidik ragam untuk memperoleh penduga ragam galat dan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antar perlakuan. Kemudian, diuji lebih lanjut dengan analisis Ortogonal Polinomial untuk mengetahui pola hubungan perlakuan dengan hasil pengamatan. Hasil penelitian disimpulkan bahwa penambahan metil ester dan metanol ke dalam substrat sangat berpengaruh terhadap aktivitas ekstrak kasar enzim lipase dari buah sawit lewat matang (over ripe). Peningkatan konsentrasi metil

ester dan metanol masing masing menurunkan aktivitas enzim lipase secara linier. Kombinasi metil ester dan metanol dalam substrat mempunyai daya hambat aktivitas ekstrak kasar enzim lipase lebih besar dibandingkan dengan bila metil ester dan metanol ditambahkan secara terpisah.

Kata kunci: aktivitas enzim, buah sawit, lipase, metanol, metil ester.

PENDAHULUAN

Buah sawit yang lewat matang atau *over ripe* adalah buah sawit yang berada pada tingkat kematangan 75–100%. Tingkat kematangan ini menyebabkan keadaan sawit akan rontok dan juga ada yang mengalami kebusukan (Mahfud dan Pahsya, 2021). Peningkatan tingkat kematangan buah sawit akan menyebabkan aktivitas pada enzim lipase dalam mesokarp buah semakin meningkat, sehingga akan meningkatkan kandungan asam lemak bebas dalam minyak sawit, karena enzim lipase menghidrolisis minyak menjadi asam lemak bebas. Dengan demikian, semakin tinggi tingkat kematangan buah sawit, maka kadar asam lemak bebas di dalamnya cenderung meningkat (Ruswanto et al., 2020). Disisi lainnya, buah sawit lewat matang (*over ripe*) merupakan sumber enzim lipase yang potensial, karena ekstrak kasar enzim lipase dari buah sawit lewat matang menunjukkan aktivitas enzimatis yang cukup tinggi dan berpotensi sebagai biokatalis ramah lingkungan dalam industri energi terbarukan (Sani et al., 2014; Suwanno et al., 2017). Enzim lipase memiliki potensi besar sebagai biokatalis pada produksi biodiesel karena prosesnya bersifat ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan katalisator kimia, memiliki spesifisitas tinggi, tidak menghasilkan produk sampingan yang tidak diperlukan (Rachmadona et al., 2023).

Enzim lipase (*triacylglycerol hydrolases*, E.C. 3.1.1.3) adalah enzim golongan hidrolase yang mengkatalis

proses hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol (Sholeha dan Agustini, 2021). Enzim lipase berfungsi sebagai biokatalis yang dimanfaatkan secara luas dalam bidang bioteknologi dan memiliki banyak aplikasi di bidang industri khususnya industri pengolahan lemak dan minyak, oleokimia, pangan, dan farmasi. Enzim ini juga berfungsi sebagai biokatalis reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel (Jeyarani et al., 2010). Menurut Gog et al. (2012), enzim lipase berperan sebagai biokatalis dalam reaksi transesterifikasi minyak, yang mengkatalis reaksi trigliserida dan metanol menjadi metil ester dan gliserol. Pada reaksi transesterifikasi minyak berfungsi sebagai substrak, metanol sebagai *co-reactant*, dan metil ester sebagai produk reaksi.

Aktivitas atau kerja enzim dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti suhu, pH, konsentrasi substrat, waktu inkubasi, konsentrasi enzim, inhibitor, dan pelarut organik (Nurhaeni et al., 2017). Keberadaan bahan organik seperti metanol ataupun metil ester dalam jumlah berlebih dapat menjadi inhibitor yang menghambat aktivitas enzim lipase. Pelarut polar seperti metanol dapat mengganggu kestabilan struktur enzim karena berinteraksi dengan gugus polar pada permukaan enzim, sehingga menyebabkan bagian hidrofobik enzim terekspos dan struktur lipase menjadi tidak stabil (Chen et al., 2024). Sedangkan metil ester adalah produk reaksi transesterifikasi yang pada saat konsentrasinya tinggi

dapat mengikat sisi aktif enzim atau berinteraksi dengan daerah pengikat lipid karena struktur metil ester mirip dengan substrat (asam lemak) yang menyebabkan enzim “tertipu” sehingga tidak bisa mengikat substrat yang sebenarnya. Hingga saat ini belum banyak yang meneliti dan mempublikasi pengaruh metanol dan metil ester sebagai inhibitor dalam menghambat aktivitas enzim lipase. Pemilihan pelarut metanol dan metil ester sebagai inhibitor karena keduanya merupakan senyawa yang secara langsung terlibat dalam reaksi transesterifikasi, di mana enzim lipase biasanya digunakan untuk mengkatalisis pembentukan biodiesel. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan metanol dan metil ester terhadap aktivitas ekstrak kasar enzim lipase dari buah sawit lewat matang. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan metanol dan metil ester dalam penghambatan aktivitas enzim lipase kasar (*crude*) yang berasal dari buah sawit lewat matang (*over ripe*).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan penelitian yang digunakan adalah buah sawit lewat matang, minyak goreng sawit, metil ester asam lemak, metanol teknis, larutan *buffer* pH 7,0, NaOH, aseton, etanol, dan indikator pheloptalein (pp).

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas beaker berbagai ukuran, labu Erlenmeyer 250 ml, blender, labu destilasi, labu tiga leher, *hot plate*, *magnetic stirrer*, timbangan analitik, oven, desikator, cawan porselen, pipet tetes, pipet gondok, termometer, kertas saring, corong pisah, buret, statif dan klem,

alumunium foil, sentrifius, dan *waterbath shaker*.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang disusun secara faktorial dalam 3 ulangan. Penelitian disusun dalam 2 faktor; faktor pertama adalah konsentrasi metil ester (E) yang terdiri dari 4 taraf dan faktor kedua adalah konsentrasi metanol (M) yang terdiri dari 4 taraf. Kombinasi perlakuan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan persentase penambahan metil ester dan metanol.

Metanol	Metil Ester			
	0%(E0)	2%(E2)	4%(E4)	6%(E6)
0% (M0)	E0M0	E2M0	E4M0	E6M0
2% (M2)	E0M2	E2M2	E4M2	E6M2
4% (M4)	E0M4	E2M4	E4M4	E6M4
6% (M6)	E0M6	E2M6	E4M6	E6M6

Data yang dihasilkan dianalisis dengan analisis sidik ragam untuk memperoleh penduga ragam galat dan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antar perlakuan. Kemudian, diuji lebih lanjut dengan analisis Ortogonal Polinomial (OP) untuk mengetahui pola hubungan perlakuan dengan hasil pengamatan.

Ekstraksi Enzim Lipase dari Buah Sawit

Proses ekstraksi enzim lipase kasar dari buah sawit dilakukan berdasarkan pada penelitian Pomeistia dan Bayani (2021). Sebanyak 20g mesokarp buah sawit ditambahkan *buffer* fosfat 0,05M pH 7 sebanyak 40mL, dihaluskan dengan cara ditumbuk menggunakan cawan porselen, kemudian didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya disaring menggunakan kertas

saring untuk untuk mendapatkan filtratnya. Filtrat kemudian disentrifus pada kecepatan 10.000 rpm pada suhu 40°C selama 30 menit sehingga dihasilkan ekstrak kasar enzim lipase.

Daya Hambat Ekstak Kasar Enzim Lipase

Ekstrak kasar enzim lipase sebanyak 10mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 10mL buffer fosfat 0,05M pH 7mL dan 20mL minyak goreng, kemudian masukkan metanol dengan konsentrasi sesuai dengan perlakuan (0%, 2%, 4%, dan 6%) dan juga metil ester dengan konsentrasi sesuai dengan perlakuan (0%, 2%, 4%, dan 6%) lalu lakukan pengadukan. Setelah itu, diinkubasi dalam *waterbath shaker* pada suhu 40°C selama 60 menit. Setelah inkubasi ekstrak kasar enzim lipase selesai, dilakukan penghentian reaksi dengan menambahkan 10mL aseton dan etanol dengan perbandingan 1:1 (v/v). Selanjutnya dilakukan pengujian aktivitas ekstrak kasar enzim lipase.

Uji Aktivitas Ekstrak Kasar Enzim Lipase

Uji aktivitas lipase dilakukan dengan metode titrimetri (titrasi asam basa) menurut penelitian Hendrik et al. (2020). Sampel hasil inkubasi ditambahkan indikator phenolptalien sebanyak 5 tetes, kemudian dititrasi dengan NaOH 0,05M sampai terjadi perubahan warna menjadi merah muda, dengan ulangan sebanyak 3 kali. Aktivitas lipase menyatakan jumlah enzim yang mampu menghidrolisis jumlah lemak dan minyak dalam satuan waktu. Penentuan volume titrasi blanko dilakukan terhadap larutan yang sama, tetapi tidak diinkubasi dan langsung dititrasi dengan

prosedur yang sama dengan analisis sampel. Aktivitas ekstrak kasar enzim lipase buah sawit dapat dihitung dengan rumus:

$$AE = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 1000}{V_t \times t}$$

Keterangan:

AE = Aktivitas enzim (U/mL)

V_s = Volume titrasi sampel (mL)

V_b = Volume titrasi blanko (mL)

N = Normalitas NaOH

V_t = Volume sampel (mL)

t = Waktu inkubasi (menit)

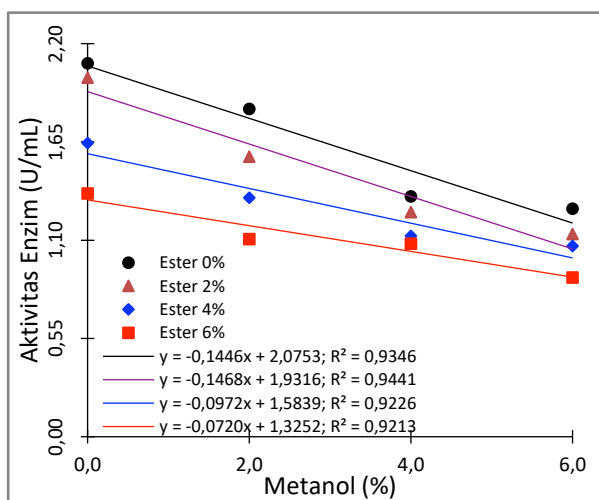
1000 = Nilai konversi dari mmol ke U/mL

HASIL DAN PEMBAHASAN

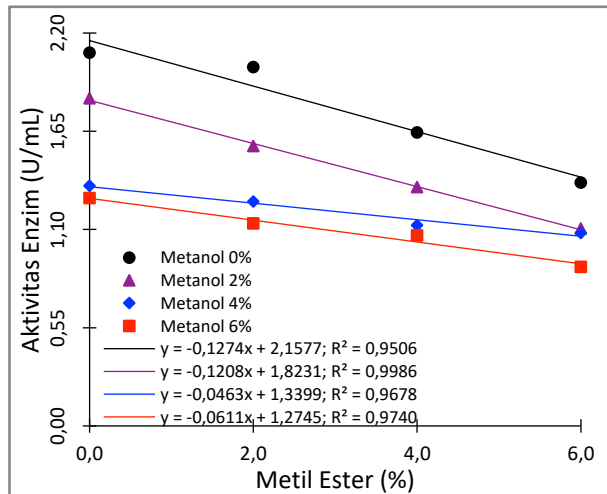
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan metil ester (E), metanol (M), dan interaksi keduanya sangat berpengaruh nyata terhadap aktivitas ekstrak kasar enzim dari buah sawit lewat matang. Analisis lebih lanjut dengan Perbandingan Ortogonal menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi metil ester dan metanol yang ditambahkan ke dalam substrat menyebabkan penurunan aktivitas ekstrak kasar enzim lipase secara linier. Pola hubungan antara penambahan metil ester dan metanol terhadap perubahan aktivitas ekstrak kasar enzim lipase dari buah sawit lewat matang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Gambar 1 menunjukkan bahwa peningkatan penambahan metanol pada substrat yang mengandung konsentrasi metil ester yang berbeda-beda (0%, 2%, 4%, dan 6%) menyebabkan penurunan aktivitas ekstrak kasar enzim lipase Secara linier. Sedangkan Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan metil ester pada substrat yang mengandung konsentrasi metanol yang berbeda-beda

(0%, 2%, 4%, dan 6%) menyebabkan penurunan aktivitas ekstrak kasar enzim lipase secara linier.



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi metanol terhadap aktivitas ekstrak kasar enzim lipase dari buah sawit lewat matang pada konsentrasi metil ester yang berbeda-beda.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi metil ester terhadap aktivitas ekstrak kasar enzim lipase dari buah sawit lewat matang pada konsentrasi metanol yang berbeda-beda.

Secara keseluruhan, penambahan metil ester dan metanol pada substrak minyak goreng menyebabkan penurunan aktivitas ekstrak kasar enzim lipase dari

buah sawit lewat matang, yang berarti metil ester dan metanol berperan sebagai penghambat atau inhibitor enzim lipase. Hal ini sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya, dimana keberadaan metanol dan metil ester yang berlebih menyebabkan deaktivasi enzim lipase (Encinar et al., 2019; Lotti et al., 2018; Balasubramaniam et al., 2012)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metanol dapat menurunkan aktivitas enzim lipase, hal ini disebabkan metanol dapat berikatan dengan sisi aktif enzim sehingga dapat mengganggu interaksi substrat (trigliserida) dengan enzim. Bila metanol berikatan dengan sisi aktif maka dapat menghambat secara kompetitif (Ariani et al., 2017). Selanjutnya Stepankova et al. (2013) menjelaskan bahwa enzim akan hilang kestabilannya jika berada pada lingkungan pelarut organik seperti metanol yang konsentrasinya terlalu tinggi. Menurut Almeida et al. (2022), pada umumnya enzim bersifat tidak stabil dalam pelarut organik dan dapat terdenaturasi atau hilang aktifitas katalitiknya. Hal tersebut mengungkapkan bahwa metanol yang merupakan pelarut organik dapat menurunkan aktivitas enzim lipase. Selain itu, faktor lain yang menyebabkan metanol dapat menghambat aktivitas enzim lipase yaitu karena sifat kimia dan ukuran molekul etanol termasuk kecil, bersifat polar dan dapat dengan mudah larut dalam air. Hal tersebut diperjelas dalam penelitian Zulharmitta et al. (2010), bahwa senyawa metanol merupakan salah satu senyawa polar dan mudah larut dalam air, serta ukuran molekulnya kecil, sehingga metanol dapat berikatan langsung dengan sisi aktif atau allosterik enzim, sehingga dapat mengganggu kerja enzim dan terjadi penghambatan.

Penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi metil ester dalam substrat menurunkan aktivitas ekstrak kasar enzim lipase dari buah sawit lewat matang. Hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa hubungan antara metil ester dengan aktivitas lipase agak unik, pada konsentrasi metil ester yang rendah, metil ester berperan sebagai substrat sehingga dapat meningkatkan aktivitas enzim lipase, tetapi pada konsentrasi tinggi, metil ester berperan sebagai inhibitor yang mengurangi aktivitas enzim (Balasubramaniam et al., 2012; Gourich et al., 2025). Hal tersebut karena metil ester tidak berperan sebagai inhibitor kompetitif murni, metil ester tidak dapat bersaing dengan substrat asli (misalnya trigliserida) namun berikatan di situs selain sisi aktif (situs alosterik), yang menyebabkan perubahan konformasi enzim lipase, tetapi penghambatan aktivitas enzim tersebut bersifat sementara. Tetapi metil ester pada konsentrasi tinggi dapat merusak ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik yang menjaga struktur enzim, akibatnya enzim lipase tidak bisa lagi mengikat substrat (Najjar et al., 2021). Penambahan metil ester pada konsentrasi yang terlalu tinggi dapat memiliki efek negatif pada aktivitas enzim lipase yaitu ketidakstabilan proses produksi biodiesel karena enzim lipase rusak atau teracuni (Novalina dan Herawan, 2015).

Interaksi metanol dan metil ester sebagai inhibitor ekstrak kasar enzim lipase dari buah sawit lewat matang berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan aktivitas enzim lipase dibandingkan jika hanya salah satu yang hadir. Terjadi inhibisi ganda dengan metanol menurunkan kemungkinan substrat masuk kesisi aktif, sedangkan

metil ester menurunkan efektivitas enzim lipase meskipun susbtrat berhasil berikatan. Metanol bertindak sebagai inhibitor kompetitif karena bersaing dengan substrat (trigliserida) untuk berikatan dengan enzim, sedangkan metil ester sebagai inhibitor non-kompetitif karena menghambat aktivitas enzim lipase dengan berikatan dilokasi lain pada enzim, sehingga mengubah konformasi enzim (Ariani et al., 2017; Najjar et al., 2021). Konsentrasi rendah keduanya belum menghibisi enzim lipase secara drastis, sehingga aktivitas belum terhambat, namun setelah melewati titik tertentu kombinasi keduanya secara bersamaan menekan aktivitas enzim, sehingga menurunkan laju reaksi pembentukan biodiesel (metil ester).

Kombinasi metanol dan metil ester memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan aktivitas enzim lipase melalui mekanisme penghambatan non- kompetitif yang bersifat linier. Semakin tinggi konsentrasi penghambat, semakin besar pula tingkat penurunan aktivitas yang terjadi. Hubungan linier ini menunjukkan bahwa kedua senyawa tersebut memiliki kontribusi dominan dalam menekan laju reaksi enzimatik dengan mengganggu stabilitas struktur aktif lipase. Penelitian ini memperkuat konsep bahwa keberadaan senyawa penghambat dalam sistem biokatalisis perlu dikontrol secara ketat untuk menjaga performa enzim dalam proses produksi bioteknologi, khususnya pada reaksi transesterifikasi untuk pembuatan biodiesel.

KESIMPULAN

Penambahan metil ester dan metanol ke dalam substrat menyebabkan penurunan aktivitas ekstrak kasar enzim lipase dari buah sawit lewat matang (over

ripe). Peningkatan konsentrasi metil ester dan metanol masing masing menurunkan aktivitas enzim lipase secara linier. Kombinasi metil ester dan metanol dalam substrat mempunyai daya hambat aktivitas ekstrak kasar enzim lipase lebih besar dibandingkan dengan bila metil ester dan metanol ditambahkan secara terpisah.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, J.S., Capela, E.V., Loureiro, A.M., Tavares, A.P., Freire, M.G., 2022. An Overview on the Recent Advances in Alternative Solvents as Stabilizers of Proteins and Enzymes. *ChemEngineering* 6(4), 51.
- Ariani, N., Kartika, I.R., Kurniadewi, F., 2017. Uji Aktivitas Inhibisi Enzim α -Glukosidase Secara In Vitro dari Ekstrak Metanol Daun *Cryptocarya densiflora* Blume dan Fraksi-fraksinya. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan* 7(1), 14-20.
- Balasubramaniam, B., Perumal, A.S., Jayaraman, J., Mani, J., Ramanujam, P., 2012. Comparative Analysis for the Production of Fatty Acid Alkyl Esterase Using Whole Cell Biocatalyst and Purified Enzyme from *Rhizopus oryzae* on Waste Cooking Oil (Sunflower Oil). *Waste Management* 32(8), 1539-1547.
- Chen, M., Jin, T., Nian, B., Cheng, W. 2024. Solvent Tolerance Improvement of Lipases Enhanced Their Applications: State of the Art. *Molecules* 29(11), 2444.
- Encinar, J.M., González, J.F., Sánchez, N., Nogales-Delgado, S., 2019. Sunflower Oil Transesterification with Methanol Using Immobilized Lipase Enzymes. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 42(1), 157-166.
- Gog, A., Roman, M., Toşa, M., Paizs, C., Irimie, F.D., 2012. Biodiesel Production Using Enzymatic Transesterification—Current State and Perspectives. *Renewable Energy*, 39(1), 10-16.
- Gourich, W., Song, C.P., Chan, E.S., 2025. Overcoming the Equilibrium Constraints in the Enzymatic Hydrolysis of Methyl Esters via a Sequencing Batch Process to Improve Conversion into Fatty Acids. *Journal of Molecular Liquids* 423, p127023.
- Hendrik, G., Ledo, M. E. S., Nitsae, M. 2020. Aktivitas Hidrolisis Ekstrak Kasar Lipase dari Kecambah Biji Kesambi (*Schleichera oleosa* L) dengan Variasi Waktu Perkecambahan. *Sciscitatio* 1(2), 94-100
- Jeyarani, S., Iwasaki, Y., Hou, C.T. 2010. Study of Ethanolysis to 2-mag Immobilized *Candida antartica* Lipase and Synthesis of Symmetrically Structured Tag. *Journal American Oil. Chemists Society* 79 (9), 879 –883.
- Lotti, M., Pleiss, J., Valero, F., Ferrer, P., 2018. Enzymatic Production of Biodiesel: Strategies to Overcome Methanol Inactivation. *Biotechnology Journal* 13(5), 1700155.
- Mahfud, A., Pashya, A.S.E. 2021. Pemindai Tingkat Kematangan Tandan Buah Sawit Menggunakan Kamera Handphone Berbasis Android. *Jurnal Citra Widya Edukasi* 13(3), 213-222.
- Najjar, A., Hassan, E.A., Zabermawi, N. Saber, S.H., Bajrai, L.H., Almuhayawi, M.S., Abujamel, T.S., Almasaudi, S.B.,

- Azhar, L.E., Moulay, M., Harakeh, S., 2021. Optimizing the Catalytic Activities of Methanol and Thermotolerant *Kocuria flava* Lipases for Biodiesel Production from Cooking Oil Wastes. *Scientific Reports* 11(1), 13659.
- Novalina, P., Herawan, T. 2015. Pengaruh Variasi Variabel Reaksi Pada Proses Ekstraksi Reaktif Mesokarp Sawit untuk Menghasilkan Biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia USU* 4(4), 18-24.
- Nurhaeni, N., Ridhay, A., Magfira, M. 2017. Pengaruh Ekstrak Metanol Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) Terhadap Aktivitas Enzim Lipase. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia* 3(3), 211-222.
- Pomeistia, N., Bayani, F. 2021. Uji Aktivitas Enzim Lipase dari Kecambah Biji Ketapang, Biji Rambutan, Biji Alpukat, Palembang Putri dan Biji Durian. *Jurnal Sanitasi dan Lingkungan* 2(1), 99-103.
- Rachmadona, N., Nurrusyda, F. S., Sumeru, H. A., Kusuma, H. D., Dewi, D. A. 2023. Produksi Biodiesel dari Crude Palm Oil (CPO) dengan Menggunakan Lipase dan Etanol Konsentrasi Rendah. *Kimia Padjadjaran* 2(1), 1-7.
- Ruswanto, A., Ramelan, A.H., Praseptiangga, D., Partha, I.B.B., 2020. Effects of Ripening Level and Processing Delay on the Characteristics of Oil Palm Fruit Bunches. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 10(1),389-394.
- Sani, N.A.A., Basri, M., Abdul Rahman, R. N. Z. R., Salleh, A. B., Raja Abd Rahman, R. N. 2014. Production and Characterization of Lipase from Over Ripe Oil Palm Fruit Mesocarp for Biodiesel Production. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 107, 124-130.
- Sholeha, R., Agustini, R., 2021. Lipase Biji-bijian dan Karakteristiknya. *Unesa Journal of Chemistry* 10(2), 168-183.
- Stepankova, V., Bidmanova, S., Koudelakova, T., Prokop, Z., Chaloupkova, R., Damborsky, J., 2013. Strategies for Stabilization of Enzymes in Organic Solvents. *ACS Catalysis* 3(12), 2823-2836.
- Suwanno, S., Rakkan, T., Yunu, T., Paichid, N., Kimtun, P., Prasertsan, P., Sangkharak, K., 2017. The Production of Biodiesel Using Residual Oil from Palm Oil Mill Effluent and Crude Lipase from Oil Palm Fruit as an Alternative Substrate and Catalyst. *Fuel* 195. 82-87.
- Zulharmitta, Z., Elrika, D., Rivai, H. 2010. Penentuan Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Perolehan Kadar Senyawa Fenolat dan Daya Antioksidan dari Herba Miniran (*phyllanthus niruri* L.). *Jurnal Farmasi Higea* 2(1), 37- 45.