

Pengaruh Enzim Lipase Amobile dalam Pengoptimalan Yield Pembuatan Biodiesel dari *Crude Palm Oil* dalam *Packed Bed Reactor*

Adella Nur Alifiah Yulia Dewi, Martha Aznury*, Erika Dwi Oktaviani

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

*Koresponden email: martha_aznury@polsri.ac.id

Diterima: 3 September 2025

Disetujui : 12 September 2025

Abstract

Biodiesel is an alternative fuel to diesel, produced from vegetable or animal oils through esterification–transesterification using a mobile lipase enzyme catalyst in a Packed Bed Reactor. In this study, varying amounts of enzyme 11.25 g, 13.75 g, 16.25 g, 18.75 g, and 21.2 g were applied at two reaction times 4 and 5 hours. The highest yield 90.06% was achieved at 5 hours with 16.25 g enzyme, resulting in a cetane number of 64.96, FAME content of 97.22%, and flash point of 112.7°C. The lowest yield (86.76%) occurred at 4 hours with 11.25 g enzyme, with a cetane number of 62.31, FAME 96.86%, and flash point 95.7°C. The results show that both enzyme amount and reaction time significantly affect biodiesel yield. A longer reaction duration enhances the conversion of triglycerides into methyl esters. All biodiesel quality parameters were analyzed according to the Indonesian National Standard (SNI) 7182:2015.

Keywords: *biodiesel, crude palm oil (cpo), esterification, transesterification, amobile lipase enzyme*

Abstrak

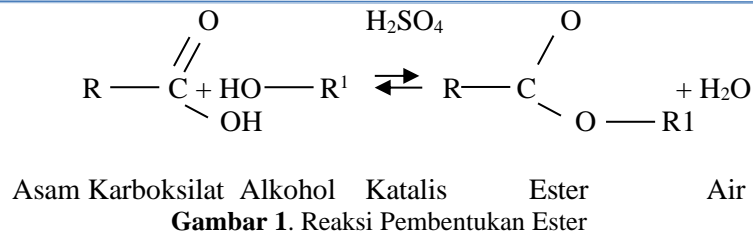
Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti solar yang diproduksi menggunakan minyak nabati atau hewani. Proses pembuatan dilakukan dengan tahapan esterifikasi-transesterifikasi menggunakan katalis enzim lipase *amobile* pada alat *Packed Bed Reactor*. Digunakan variasi enzim lipase amobile yaitu 11,25gr; 13,75gr; 16,25gr; 18,75gr; 21,2gr dan waktu reaksi 4 jam dan 5 jam. Diperoleh yield tertinggi pada waktu reaksi 5 jam katalis 16,25gr sebesar 90,06%, angka setana 64,96, FAME 97,22%, titik nyala 112,7°C. Yield terendah pada waktu 4 jam katalis 11,25gr 86,76%, angka setana 62,31, FAME 96,86%, titik nyala 95,7°C. Penambahan enzim lipase *amobile* secara bertahap mempengaruhi nilai *yield* biodiesel, selain itu waktu reaksi yang berpengaruh terhadap pembentukan trigliserida menjadi metil ester membutuhkan waktu yang cukup untuk mengoptimalkan yield dan analisa biodiesel sesuai SNI 7182:2015.

Kata Kunci: *biodiesel, crude palm oil (cpo), esterifikasi, transesterifikasi, enzim lipase amobile*

1. Pendahuluan

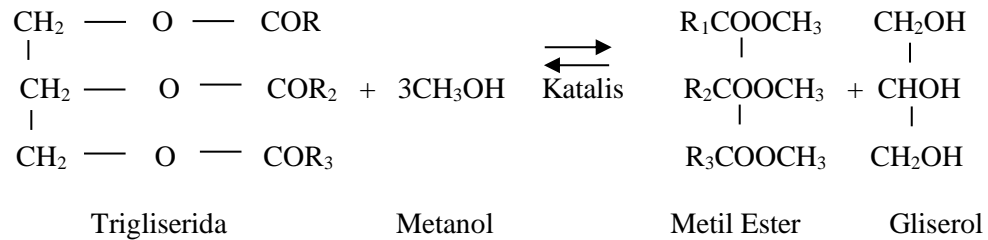
Bioenergi adalah salah satu alternatif dimana bahan baku yang dipakai bersifat *renewable*. Salah satu jenis dari bioenergi adalah biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti solar yang diproduksi menggunakan minyak nabati atau hewani dengan menggunakan proses fisika dan bahan kimia yang dicampurkan dengan komposisi yang tepat [1]. Sumber daya yang bisa diolah menjadi biodiesel adalah *Crude Palm Oil* (CPO). Kadar asam lemak bebas pada CPO yang umumnya relatif tinggi sekitar 2%-5%. Kadar asam lemak bebas pada biodiesel harus $\leq 2\%$, apabila tinggi maka diperlukan proses penurunan kadar ALB nya sebelum dilakukan proses pengolahan biodiesel [2].

Proses umum yang digunakan untuk proses produksi biodiesel yaitu menggunakan metode esterifikasi, transesterifikasi, dan katalis enzim untuk mengubah CPO menjadi biodiesel [3]. Tahap esterifikasi dapat dilaksanakan jika persentase ALB lebih dari 2% dengan memanfaatkan katalis asam. Produk yang dihasilkan dari proses esterifikasi selanjutnya akan dicek nilai ALB setelah proses tersebut selesai. Proses esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (ALB), umumnya melibatkan penggunaan asam sulfat sebagai katalis [2].



Gambar 1. Reaksi Pembentukan Ester

Transesterifikasi menghasilkan campuran ester alkil (biodiesel) dan gliserol sebagai hasil sampingan. Proses transesterifikasi memiliki beberapa kelemahan, di mana energi yang dibutuhkan cukup tinggi dan terdapat tantangan dalam mengontrol serta menjaga kadar asam lemak bebas pada minyak yang cukup tinggi [4].



Gambar 2. Reaksi Pembentukan Metil Ester

Salah satu solusi yang dapat diterapkan yaitu penggunaan katalis enzim, yang memungkinkan penggunaan energi lebih efisien sehingga tidak memperoleh banyak limbah [5]. Enzim Lipase terimobilisasi digunakan untuk mengatasi masalah biaya enzim yang tinggi jika dibandingkan dengan katalis kimia. Hal ini karena, ketika enzim dalam bentuk terimobilisasi, enzim menjadi lebih stabil dan dapat digunakan kembali berkali-kali dalam reaksi [6].

Remonatto et al. (2022) mengimobilisasi dua jenis lipase pada empat resin hidrofobik untuk etanolisis minyak bunga matahari tanpa pelarut. Lipase Eversa® Transform yang diimobilisasi pada Sepabeads-C18 (10 wt%) menunjukkan aktivitas tinggi, menghasilkan FAEE >98 wt% dalam 3 jam (rasio etanol:minyak 3:1) dan dapat digunakan ulang hingga 6 siklus (*yield* >70%). Eversa® Transform 2.0 juga efektif untuk FAME (>98 wt%) pada rasio metanol : minyak 4:1 dalam 3 jam [7]. Hidayatullah et al. (2023) menggunakan tiga resin ionik untuk produksi biodiesel dari minyak sawit. *Yield* tertinggi (94,06%) diperoleh dengan Lewatit MP-64 (14 g, aktivasi dan sintesis masing-masing 3 jam) [8].

Shafika et al. (2024) mengevaluasi kualitas biodiesel dari CPO menggunakan *Packed Bed Reactor*. Proses esterifikasi dilakukan dengan H₂SO₄ 1% selama 90 menit, dilanjutkan transesterifikasi dengan rasio minyak:metanol 1:10 dan enzim lipase *amobile* (3–4%) pada suhu 40°C. Variasi waktu reaksi (4–18 jam) menunjukkan hasil terbaik dengan kadar FFA 0,768%, *yield* 86,35%, densitas 878 kg/m³, viskositas 4,39 cSt, bilangan asam 0,47 mg KOH/g, angka setana 68,65, bilangan iod 68,53 g I₂/100g, titik nyala 101°C, dan bilangan penyabunan 144,58 mg KOH/g [9].

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis karakteristik kualitas biodiesel menggunakan katalis enzim lipase *amobile* dengan alat *packed bed reactor* berdasarkan SIN 7181:2015. Selain itu bertujuan juga untuk menganalisis pengaruh enzim lipase *amobile* dan waktu reaksi terhadap nilai *yield* optimum yang diperoleh.

2. Metode Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Crude Palm Oil* (CPO), Enzim Lipase, Metanol, Resin Lewatit MP-64, *Buffer Phospat* pH 7, H₃PO₄, H₂SO₄, dan NaOH. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *Packed Bed Reactor*.

Prosedur Penelitian

1. Aktivasi Resin Lewatit MP-64

Dilakukan pencucian resin dengan aquadest dari kontaminan, kemudian merendam resin dalam larutan NaOH 6M (1 : 4) selama 30 menit, temperatur 60°C, kecepatan 200 rpm. Setelah itu resin di bilas sampai pH netral dan di oven selama 24 jam suhu 110°C.

2. Imobilisasi Enzim Lipase

Dicampurkan enzim lipase dan *buffer phospat* pH 7 perbandingan 1 : 9, lalu ditambahkan resin yang teraktivasi ke dalam campuran. Diaduk tanpa pemanasan selama 6 jam kecepatan 500 rpm. Kemudian diinkubasi dalam oven 30°C selama 24 jam, lalu di saring dan disimpan pada suhu 4°C.

3. *Degumming*

Dilakukan analisa kadar ALB CPO, kemudian di panaskan CPO 250gr sampai suhu 60-70°C pengadukan 500rpm selama 10 menit. Ditambahkan 1,5% H₃PO₄ dan % H₂O diaduk kembali selama 40 menit. Dilakukan pemisahan pengotor padat dengan sentrifuge selama 10 menit kecepatan 6000rpm. Dilakukan pencucian ± 3 kali sampai pH netral dengan aquadest 60°C, kemudian panaskan dan analisa ALB.

4. Esterifikasi

Dipanaskan 250gr *refined oil* pada suhu 60°C, ditambahkan 1% H₂SO₄ dan 15% Metanol dari berat minyak secara perlahan (suhu konstan) selama 90 menit, kecepatan 250rpm. Setelah itu hasil esterifikasi dimasukkan dalam corong pisah dan diamkan 24 jam sampai membentuk lapisan. Lapisan atas akan dicuci dengan aquadest 60°C ± 3 kali sampai pH netral, kemudian dipanaskan dan di analisa ALB kembali.

5. Netralisasi

Dipanaskan hasil esterifikasi suhu 60-70°C, pengadukan 300rpm. Ditambahkan NaOH 1,77gr ± 20 ml air panas selama 30 menit. Hasil netralisasi akan dimasukkan dalam corong pisah sampai terbentuk lapisan sabun, air dan minyak. Minyak yang diperoleh dicuci dengan aquadest suhu 60-70°C 2-3 kali untuk menghilangkan residu sabun. Dipanaskan pada suhu 100°C dan analisa ALB nya.

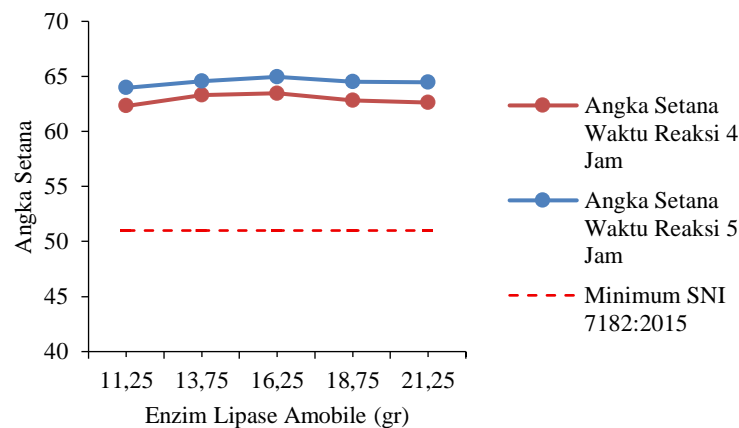
6. Transesterifikasi

Disiapkan *refined oil*, metanol, enzim lipase *amobile*, dan seperangkat alat *packed bed reactor*. Disiapkan air panas suhu 40°C untuk dialirkan ke *jacket reactor*, memasukkan enzim lipase *amobile* ke dalam 2 kolom reaktor sesuai variasi 11,25gr; 13,75gr; 16,25gr; 18,75gr; 21,25gr (bergantian). Dipanaskan dalam *beaker glass refined oil* sebanyak 250gr kemudian ditambahkan metanol dengan perbandingan rasio molar (1:3) pengadukan 250rpm, suhu 40°C, waktu reaksi 4 jam dan 5 jam. Setelah suhu mencapai dialirkan dengan pompa campuran minyak dan metanol ke dalam reaktor untuk berkontak dengan enzim lipase *amobile*, tunggu sampai diperoleh produk.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Variasi Enzim Lipase *Amobile* Pada Waktu Reaksi

Angka setana tertinggi pada enzim 16,25gr waktu reaksi 5 jam sebesar 64,96 sedangkan terendah pada waktu reaksi 4 jam katalis 11,25gr sebesar 62,31. Angka setana yang diperoleh dari penelitian ini memiliki nilai yang fluktuatif dimana cenderung mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini menunjukkan bahwa waktu reaksi mempengaruhi tingkat konversi biodiesel secara signifikan, sedangkan konsentrasi enzim memiliki pengaruh yang relatif kecil terhadap angka setana karena sifat ini lebih ditentukan oleh struktur asam lemak daripada parameter reaksi itu sendiri. Secara kimiawi, angka setana sangat dipengaruhi oleh panjang rantai karbon dan tingkat ketidakjenuhan senyawa ester dalam biodiesel. Komposisi metil ester dengan rantai karbon lebih panjang dan jumlah ikatan rangkap yang rendah akan meningkatkan angka setana. Semakin jenuh dan panjang rantai karbon dalam biodiesel, semakin tinggi angka setananya. Karena profil asam lemak pada minyak yang digunakan dalam penelitian ini relatif konstan, maka perubahan angka setana tidak terlalu signifikan meskipun terdapat variasi jumlah enzim lipase [10].

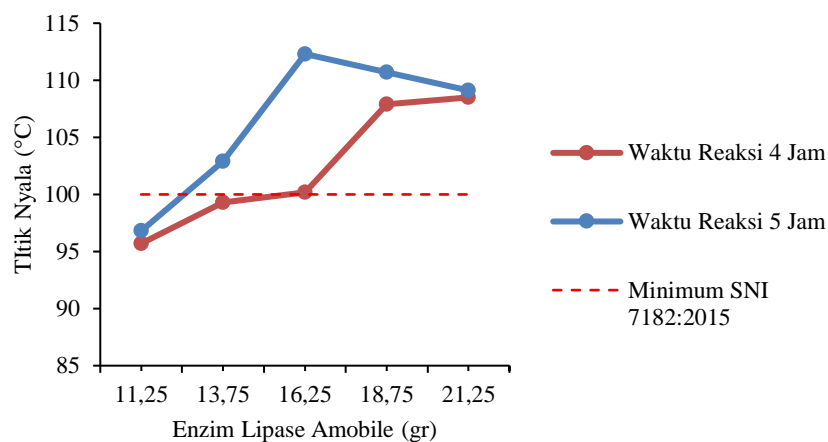


Gambar 3. Grafik Pengaruh Enzim Lipase Pada Waktu Reaksi Terhadap Angka Setana Produk Biodiesel

Pengaruh Variasi Enzim Lipase *Amobile* Pada Waktu Reaksi

Nilai titik nyala biodiesel dipengaruhi oleh jumlah metanol yang digunakan selama proses transesterifikasi atau menyesuaikan rasio molar substrat. Minyak dengan berat molekul kecil akan membutuhkan lebih banyak metanol dan begitu juga sebaliknya. Nilai titik nyala biodiesel juga tergantung pada jenis bahan baku yang dipakai dalam produksi biodiesel. Asam lemak bebas dalam bahan baku akan berpengaruh pada titik nyala biodiesel karena berkaitan dengan pembentukan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) sepanjang reaksi transesterifikasi [10].

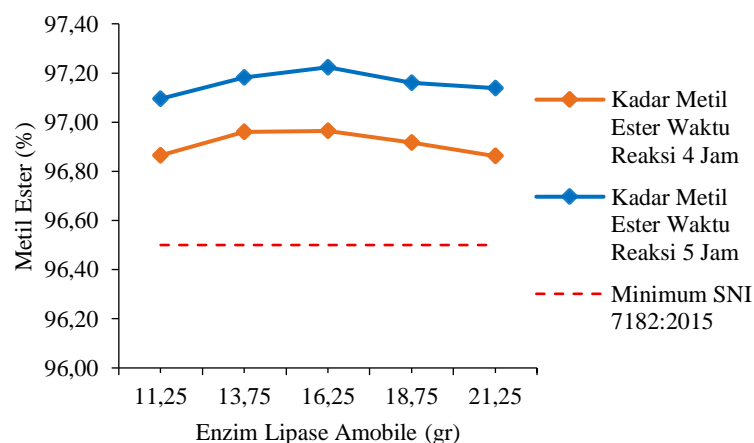
Titik nyala pada waktu reaksi 5 jam dengan enzim 16,25gr yaitu sebesar 112,3°C dan nilai titik nyala paling rendah didapat pada waktu reaksi 4 jam enzim 11,25gr yaitu sebesar 95,7°C. Menurut penelitian Shafika dkk, 2024, titik nyala minyak dan lemak sangat dipengaruhi oleh kadar asam lemak bebas, sedangkan kadar gliserida tidak berpengaruh signifikan pada titik nyalanya. Panjang rantai karbon memberikan dampak yang lebih besar terhadap titik nyala bila dibandingkan dengan tingkat ketidakhujannya. Tingginya titik nyala produk yang dihasilkan menunjukkan bahwa sisa metanol dari reaksi sangat sedikit. Titik nyala berhubungan erat dengan sisa metanol dalam biodiesel, karena metanol memiliki titik nyala yang rendah yaitu 11,11°C [10].



Gambar 4. Grafik Pengaruh Enzim Lipase Pada Waktu Reaksi Terhadap Titik Nyala Produk Biodiesel

Pengaruh Variasi Enzim Lipase *Amobile* Pada Waktu Reaksi

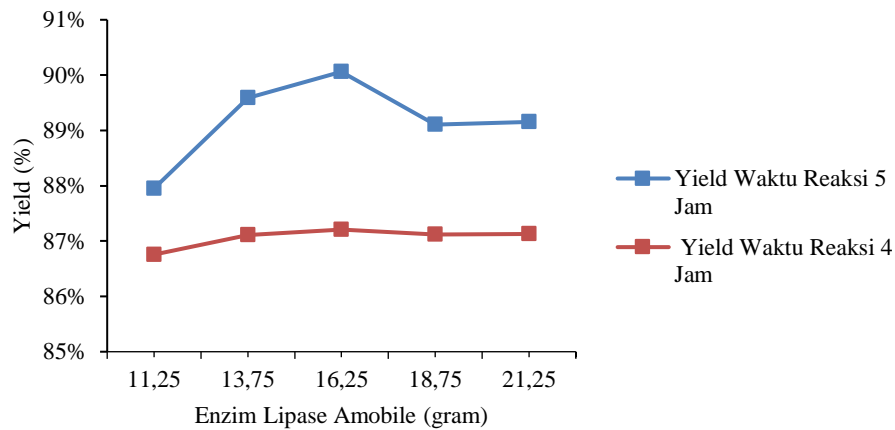
Pada waktu reaksi 4 jam enzim 11,25gr diperoleh metil ester rendah yaitu sebesar 96,86%. Pada waktu reaksi 5 jam dengan enzim 16,25gr metil ester didapat nilai paling tinggi yaitu sebesar 97,22%. Pada hasil grafik diatas nilai metil ester yang diperoleh melebihi batas minimum dari SNI 7182:2015 yaitu sebesar 96,5% [11]. Metil ester dalam biodiesel dihasilkan melalui reaksi kimia antara minyak kelapa sawit (CPO) yang mengandung senyawa ester dengan alkohol, khususnya metanol, sehingga terbentuk senyawa ester baru berupa metil ester. Penentuan kadar metil ester dilakukan secara tidak langsung dengan menghitung berdasarkan hasil analisis angka saponifikasi, angka asam, dan gliserol total yang diperoleh dari data hasil pengujian [9].



Gambar 5. Grafik Pengaruh Enzim Lipase Pada Waktu Reaksi Terhadap Metil Ester Produk Biodiesel

Pengaruh Variasi Enzim Lipase Amobile Pada Waktu Reaksi

Yield merupakan jumlah metil ester yang diperoleh dari reaksi proses bahan baku yang dipakai, *yield* pada biodiesel diperoleh setelah proses transesterifikasi dan pemisahan biodiesel dari produk samping yaitu gliserol [12]. *Yield* biodiesel tertinggi dicapai oleh waktu reaksi 5 jam pada variasi enzim lipase *amobile* diberat 13,75gr dan 16,25gr sebesar 89,59% dan 90,06%. Sedangkan *yield* mengalami penurunan pada waktu reaksi 4 jam dengan katalis enzim sebanyak 11,25gr dan 13,75gr sebesar 86,76% dan 87,11%.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Enzim Lipase Pada Waktu Reaksi Terhadap Persentase Yield Produk Biodiesel

Ini disebabkan oleh penggunaan enzim yang memiliki titik jenuhnya dimana semakin rendah atau tinggi penambahan katalis maka *yield* yang diperoleh juga kecil, diakibatkan oleh interaksi antara substrat dan enzim tidak terkonversi dengan baik karena penggunaan waktu reaksi yang kurang optimal. Hal ini juga dikarenakan enzim lipase *amobile* kehilangan aktivitasnya yang disebabkan oleh penyerapan gliserol yang terus menerus dari hasil reaksi transesterifikasi sehingga tidak ada lagi substrat yang terkonversi sehingga menyebabkan inhibisi pada enzim [13]. *Yield* yang diperoleh mengalami penurunan dapat diakibatkan oleh masih terkandungnya gliserol dan air yang tidak terpisah sempurna yang mengakibatkan terbentuknya emulsi pada biodiesel [1].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pembuatan biodiesel yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi enzim dengan waktu reaksi terhadap *yield* yang dihasilkan yaitu penambahan variasi enzim lipase *amobile* harus dilakukan secara bertahap sehingga dapat meningkatkan *yield*. Selain itu waktu reaksi sangat juga berpengaruh dalam pengonversian reaksi trigliserida menjadi metil ester pada proses transesterifikasi. Diperlukannya percobaan waktu yang lebih optimum sehingga reaksi terjadi secara optimal dan *yield* yang diperoleh tinggi. Hasil optimum diperoleh pada katalis enzim lipase *amobile* 16,25gr pada waktu reaksi 5 jam dengan *yield* sebesar 90,06%, angka setana 64,96, kadar FAME 97,22%, dan titik nyala 112,3°C.

5. Ucapan Terimakasih

Puji dan Syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas berkah dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Demikian juga penulis mengucapkan terimakasih banyak atas bantuan PT. Sinar Alam Permai (SAP) yang telah mensupport bahan baku untuk penelitian Tugas Akhir. Terimakasih kepada ibu selaku orang tua penulis, dosen pembimbing dan teman-teman terdekat.

6. Daftar Pustaka

- [1] F. Maulidan, F. A. Ramadhanti, and B. Wahyudi, "Pemanfaatan CPO Off-Grade dalam Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis CaO pada Reaksi Transesterifikasi," Surabaya, Jul. 2020. [Online]. Available: www.chempro.upnjatim.ac.id
- [2] L. Laila and L. Oktavia, "Experiment Study Of Total Acid Number And Viscosity Of Palm Oil Based Biodiesel From PT Smart Tbk," Jul. 2017. doi: 10.36048/jtpii.v2i1.2245.
- [3] N. Saleh, "Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (CPO) Dilakukan Dengan Tahap Esterifikasi Dan Transesterifikasi," *Ensiklopedia of Journal*, vol. 4, Jul. 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.ensiklopediaku.org>

- [4] E. D. Daryono and R. K. Dewi, "Biodiesel From Palm Oil With Interesterification Process Using Bio-Catalyst Cajuput Oil," *Konversi*, vol. 11, no. 2, Oct. 2022, doi: 10.20527/k.v11i2.13982.
- [5] M. Aznury, A. Zikri, R. Junaidi, M. Lupikawaty, and C. Oktariyensi, "Pengaruh Metanol dalam Produksi Biodiesel dari Tamanu Oil Menggunakan Katalis Lipase," *Jurnal Selulosa*, vol. 12, no. 01, p. 33, Jun. 2022, doi: 10.25269/jsel.v12i01.360.
- [6] A. Ben Bacha, M. Alonazi, M. G. Alharbi, H. Horchani, and I. Ben Abdelmalek, "Biodiesel Production by Single and Mixed Immobilized Lipases Using Waste Cooking Oil," *Molecules*, vol. 27, no. 24, Dec. 2022, doi: 10.3390/molecules27248736.
- [7] D. Remonato, J. V. Oliveira, J. M. Guisan, D. Oliveira, J. Ninow, and G. Fernandez-Lorente, "Immobilization of Eversa Lipases on Hydrophobic Supports for Ethanolysis of Sunflower Oil Solvent-Free," *Appl Biochem Biotechnol*, vol. 194, no. 5, pp. 2151–2167, May 2022, doi: 10.1007/s12010-021-03774-8.
- [8] I. M. Hidayatullah, F. Soetandar, P. V. Sudiyasa, P. Cognet, and H. Hermansyah, "Ion Exchange Resin and Entrapped *Candida rugosa* Lipase for Biodiesel Synthesis in the Recirculating Packed-Bed Reactor: A Performance Comparison of Heterogeneous Catalysts," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 12, Jun. 2023, doi: 10.3390/en16124765.
- [9] R. Indira Shafika, M. Aznury, I. D. Purnamasari Program Studi, T. Kimia Industri, J. Teknik Kimia, and P. Negeri Sriwijaya, "Crude Palm Oil Dikatalisis Enzim Lipase Amobil dengan Pengaruh Waktu Reaksi Menggunakan Packed Bed Reactor," vol. IX, no. 4, pp. 10908–10913, Oct. 2024.
- [10] Tsabita Silmi, Aznury Martha, and Yerizam Muhammad, "Katalisis Enzim Lipase Amobil Dengan Crude Palm Oil Ditinjau Dari Pengaruh Waktu Reaksi," *Inovasi Teknik Kimia*, vol. 10, No.1, pp. 22–28, Jan. 2022, doi: 10.31942/inteka.v10i1.12549.
- [11] M. Busyairi *et al.*, "Potensi Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi," *Serambi Engineering*, vol. V, no. 2, 2020.
- [12] M. Alwi Al Fayed and M. Dhafir, "Analisis Rendemen Biodiesel yang Dihasilkan dari Minyak Goreng dengan Metode Elektrokatalis menggunakan Elektroda Platina (Analysis of Yield of Biodiesel Produced from Cooking Oil by Electrocatalyst Method using Platinum Electrodes)," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 7, no. 4, 2022, [Online]. Available: www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- [13] R. Abdulla *et al.*, "Biodiesel Production from Waste Palm Cooking Oil Using Immobilized *Candida rugosa* Lipase," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 20, Oct. 2022, doi: 10.3390/su142013632.