

Crude Palm Oil Dikatalisis Enzim Lipase Amobil dengan Pengaruh Waktu Reaksi Menggunakan *Packed Bed Reactor*

Revi Indira Shafika*, Martha Aznury, Indah Purnamasari

Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

*Koresponden email: reviiindirashafika@gmail.com

Diterima: 12 September 2024

Disetujui: 17 September 2024

Abstract

Biodiesel is an alternative fuel based on renewable energy sources. Generally, chemical processes such as transesterification and esterification are used to produce biodiesel. The biodiesel process using lipase enzyme as a catalyst has the advantage of specific activity and easy separation due to catalyst heterogeneity. Considering the high price of the enzyme, immobilization in the matrix is carried out using cationic resin. The purpose of this study was to determine the effect of reaction time on the activation of immobilized lipase enzyme catalyst on biodiesel produced using packed bed reactor and to obtain optimum biodiesel product characteristics with variations of reaction time on viscosity, density, %yield, iodine number, saponification number, cetane number, biodiesel acid number, total glycerol, methyl ester content and flash point. This research obtained the highest %yield of 86.35%, density of 878 Kg/m³, viscosity of 4.39 cSt, cetane number 68.65, saponification of 144.58 mg KOH/g, acid number 0.47 mg KOH/g, iodine number 68.53 g I₂/100g, total glycerol 0.19%, methyl ester 97.31% and flash point 101°C. From the ratio of oil and methanol 1:10, which meets the quality requirements of SNI 7182:2015.

Keywords: *biodiesel, crude palm oil (cpo), enzim lipase, esterifikasi, transesterifikasi*

Abstrak

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif berbasis energi terbarukan. Pada umumnya, proses kimiawi seperti transesterifikasi dan esterifikasi digunakan untuk membuat biodiesel. Proses biodiesel yang menggunakan enzim lipase sebagai katalis memiliki keuntungan dari aktivitas yang spesifik dan mudah dipisahkan karena heterogenitas katalis. Mengingat harga enzim yang mahal maka dilakukan imobilisasi dalam matrik menggunakan resin kation. Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh waktu reaksi terhadap aktivasi katalis enzim lipase amobil terhadap biodiesel yang dihasilkan menggunakan alat *Packed Bed Reactor* dan memperoleh karakteristik produk biodiesel optimum dengan variasi waktu reaksi terhadap nilai viskositas, densitas, %yield, angka iodine, angka saponifikasi, angka setana, angka asam biodiesel, gliserol total, kadar metil ester, dan titik nyala. Penelitian ini memperoleh hasil %yield tertinggi yaitu sebesar 86,35%, densitas sebesar 878 Kg/m³, viskositas 4,39 cSt, angka setana 68,65, saponifikasi 144,58 mg KOH/g, angka asam 0,47 mg KOH/g, angka iodine 68,53 g I₂/100g, gliserol total 0,19%, metil ester 97,31% dan titik nyala 101°C. Dari rasio minyak dan metanol 1:10, yang sudah memenuhi persyaratan kualitas SNI 7182:2015.

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

1. Pendahuluan

Pertumbuhan populasi dan perkembangan ekonomi yang berkelanjutan adalah dua faktor yang mempengaruhi peningkatan permintaan energi. Sebagian besar energi saat ini digunakan berasal dari sumber daya seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Di Indonesia khususnya, telah terjadi impor bahan bakar minyak bumi yang signifikan terutama solar. Oleh karena itu, perlu untuk mengeksplorasi bahan bakar alternatif, terutama dari sumber terbarukan. Salah satu pilihan alternatif adalah biodiesel, yang dapat menggantikan penggunaan diesel [1]. Berbagai jenis minyak nabati dapat diaplikasikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel yang prospektif [6]. Biodiesel adalah bentuk energi alternatif yang saat ini mulai dikembangkan untuk mengalihkan konsumsi energi fosil yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable energy*) dan energi hayati *non fosil* yang dapat diperbarui (*renewable energy*) [12].

Di Indonesia, kelapa sawit merupakan tanaman penting yang masih memiliki banyak ruang untuk berkembang. Pada tahun 2020, Indonesia memiliki 14.858.300 hektar lahan kelapa sawit. Pada tahun 2020, ada 1.378.136 hektar lahan kelapa sawit di Kalimantan Timur. Dari jumlah tersebut, 373.479 hektar akan digunakan sebagai perkebunan rakyat, 14.402 hektar akan digunakan sebagai perkebunan inti oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN), dan 912.030 hektar akan digunakan oleh Perkebunan Besar Swasta (PBS). Pada

tahun 2020, 17.723.864 ton tandan buah segar yang telah diproses, atau 3,8 juta ton minyak sawit mentah (CPO), diproduksi. Kalimantan Timur memiliki potensi kelapa sawit (CPO dan PKO), sehingga perlu dikembangkan industri hilir untuk produksi olein, stearin, dan produk lainnya [14].

Esterifikasi adalah konversi asam lemak bebas menjadi ester [3]. Esterifikasi dapat mereaksikan asam lemak dengan alkohol. Transesterifikasi adalah proses yang terjadi dengan mereaksikan trigliserida pada minyak nabati atau lemak hewani dengan gugus etanol rantai pendek seperti etanol atau menghasilkan etanol ester asam lemak Fatty Acids Methy Esters (FAME) atau biodiesel dan gliserol sebagai hasil sampingnya [2]. Transesterifikasi merupakan proses penghilangan senyawa gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebas dengan metanol menjadi metil ester [10].

Enzim lipase adalah hasil hidrolase yang berperan dalam mencerna dan memproses lemak. Lipase harus memecah berbagai jenis lemak dan minyak. Setiap unit per mL aktivitas lipase dapat melepaskan 1μ mol Asam Lemak Bebas (ALB) dalam satu menit. Aktivitas lipase mencapai puncaknya di bawah kondisi suhu dan pH optimal, yang dapat diukur dengan mengamati perubahan aktivitas enzimatis pada berbagai variasi suhu dan pH [1].

Menurut penelitian [8] bertujuan untuk mengetahui pengaruh yield dan kualitas biodiesel Crude Palm Oil (CPO) off grade dengan menggunakan *Packed Bed Reactor*. Esterifikasi dilakukan dengan menggunakan tiga perlakuan konsentrasi katalis A = 0,5%; B = 1%; dan C = 1,5%. Spesifikasi kualitas yang diuji adalah densitas, viskositas kinematik, angka asam, yield dan FFA, angka setana, angka iodin, dan penyabunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepekatan katalis asam pada reaksi esterifikasi mempengaruhi kualitas biodiesel. Perlakuan kepekatan katalis 1% merupakan perlakuan terpilih yang memiliki karakteristik lebih memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) biodiesel 7182:2015. Rendemen, densitas, viskositas kinematik, bilangan asam dan FFA, penyabunan, bilangan iodin, dan bilangan setana berturut-turut sebesar 60%, 891,7951 Kg/m³, 3,378 mm²/s (cSt), 1,694 mg KOH/g, 0,81%, 150,4399 mg KOH/g, 32,1223 g I₂/100 g, dan 75,3525.

Berdasarkan tujuan penelitian ini, menganalisa pengaruh waktu reaksi terhadap aktivitas katalis enzim lipase amobil terhadap biodiesel yang dihasilkan menggunakan alat *Packed Bed Reactor* dan mengetahui karakteristik produk biodiesel optimum dengan variasi waktu reaksi terhadap nilai viskositas, densitas, %yield, angka iodine, angka saponifikasi, angka setana, angka asam biodiesel, gliserol total, kadar metil ester, dan titik nyala, yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015.

2. Metode Penelitian

Alat yang digunakan *packed bed reactor*, erlenmeyer (iwaki), gelas ukur (pyrex), neraca analitik (radwag), pipet ukur (pyrex), spatula (pyrex), pipet tetes (iwaki), corong gelas (pyrex), gelas kimia (iwaki), kaca arloji (pyrex), piknometer (pyrex), kromatografi gas (agilent 8890), botol (CC 1000), dan *viscometer* LVM (labtron).

Bahan digunakan pada penelitian ini *Crude Palm Oil* (CPO), enzim lipase (eversa transform 2.0), CH₃OH (NGI chemical), aquadest (puma), resin kation (flotrol S+), buffer fosfat (mudah berkah), Na₂S₂O₃ (merck), wijs (smart lab), CHCl₃ (smart lab), dan HCl (merck).

Tahap aktivasi resin kation dengan cara membersihkan resin kation dari kontaminan dan partikel-partikel yang menempel pada permukaan resin kation dengan cara pencucian awal menggunakan aquadest, merendam resin kation dengan HCl selama 30 menit tujuan dari proses perendaman ini untuk membuka struktur resin dan membuatnya siap untuk mengikat ion-ion baru, membilas resin kation dengan aquadest hingga pH resin kation netral. Kemudian resin kation disaring, lalu dikeringkan didalam oven dengan temperatur 30°C.

Tahap imobilisasi enzim lipase dengan menimbang 35 gram enzim lipase kedalam 350 ml buffer fosfat pH 7, menambahkan 35 gram resin kation kedalam campuran lipase dan buffer fosfat, memasukkan resin kation kedalam larutan enzim lipase dan buffer fosfat pH 7, melakukan pengadukan sebesar 500 rpm tanpa pemanasan, campuran diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam, kemudian dilakukan penyaringan, setelah disaring campuran diinkubasi kembali selama 24 jam dengan temperatur 30°C. Dan dilanjutkan dengan tahap sintesa biodiesel secara esterifikasi dan transesterifikasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Penelitian *Crude Palm Oil* (CPO) dikatalisis enzim lipase amobil dengan pengaruh waktu reaksi menggunakan *Packed Bed Reactor* ini telah dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya sehingga didapatkan data hasil penelitian sebagai berikut. Dimana dalam penelitian ini dilakukan selama variasi waktu reaksi 4 jam, 8 jam, 12 jam, 14 jam dan 18 jam dengan variasi enzim yang berbeda. Pada variasi enzim 3% dengan variasi waktu reaksi 4 jam, 8 jam, 12 jam, 14 jam dan 18 jam dan variasi enzim 4%

selama waktu reaksi 4 jam, 8 jam, 12 jam, 14 jam dan 18 jam. Rasio minyak dan methanol yang digunakan sebesar 1:10.

Tabel 1. Analisa Produk Biodiesel dengan Variasi Enzim 3%

	Variasi Enzim 3%				
	Waktu Reaksi (Jam)				
	4	8	12	14	18
% Yield	72,97	71,33	86,35	60,02	56,93
Viskositas (cSt)	6,60	5,61	4,39	5,30	5,67
Densitas (Kg/m ³)	909	890	878	883	889
Angka Iodine (g I ₂ /100g)	71,40	69,88	68,53	71,49	71,57
Angka Saponifikasi (mg KOH/g)	161,41	157,86	144,58	161,41	160,29
Angka Asam (mg KOH/g)	0,65	0,59	0,47	0,50	0,49
Angka Setana	64,05	65,15	68,65	67,61	64,25
Gliserol Total	0,26	0,22	0,19	0,23	0,26
Titik Nyala (°C)	273	201	101	183	255
Metil Ester (%)	96,58	96,99	97,31	97,05	96,66

Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Tabel 2. Analisa Produk Biodiesel dengan Variasi Enzim 4%

	Variasi Enzim 4%				
	Waktu Reaksi (Jam)				
	4	8	12	14	18
% Yield	69,88	75,84	86,22	59,20	50,10
Viskositas (cSt)	6,08	4,45	4,05	4,30	5,25
Densitas (Kg/m ³)	895	878	869	874	883
Angka Iodine (g I ₂ /100g)	70,47	69,63	68,78	71,15	71,49
Angka Saponifikasi (mg KOH/g)	159,35	156,55	142,71	165,34	163,47
Angka Asam (mg KOH/g)	0,58	0,58	0,49	0,50	0,50
Angka Setana	64,62	65,58	69,08	63,25	63,62
Gliserol Total	0,25	0,23	0,22	0,26	0,25
Titik Nyala (°C)	231	142	116	129	168
Metil Ester (%)	96,77	96,90	96,76	96,75	96,90

Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

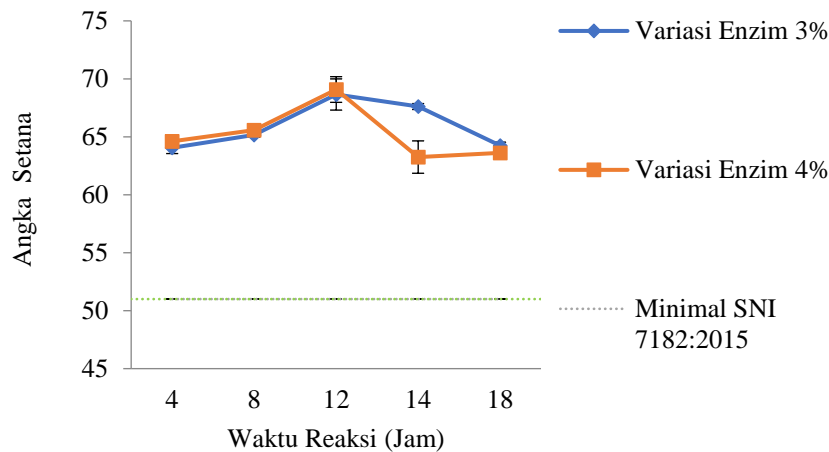
Tabel 3. Analisa Karakteristik *Crude Palm Oil* (CPO)

Perlakuan	Asam Lemak Bebas (ALB)	Zat Pengotor
Sebelum	3,84%	-
Sesudah	0,768%	0,03%

Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

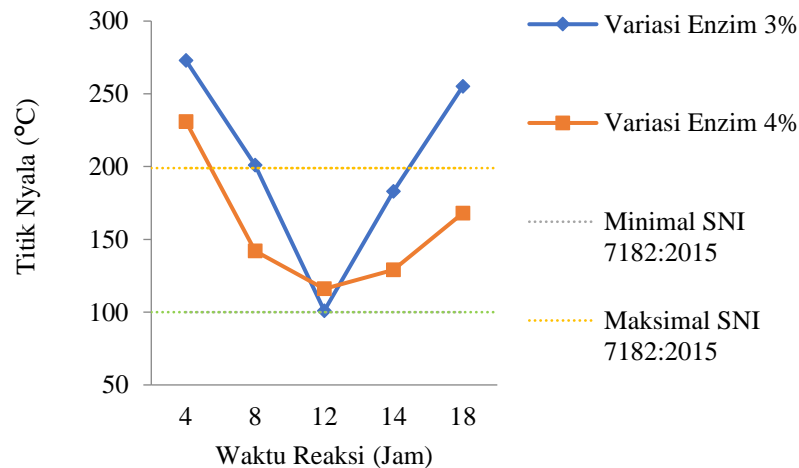
Pembahasan

Pengaruh waktu reaksi pada variasi enzim lipase terhadap angka setana. Dilihat pada **Gambar 1** menunjukkan angka setana tertinggi pada variasi enzim 4% dengan waktu reaksi 12 jam sebesar 69,08 sedangkan setana terendah waktu reaksi 14 jam variasi enzim 4% nilai yang didapat sebesar 63,25. Bilangan cetane adalah semakin tinggi bilangan cetane yang diperoleh, maka semakin baik pula pengapian yang terjadi dan semakin besar pula kualitas metil ester yang akan digunakan sebagai bahan bakar diesel [13]. Pada penelitian ini, angka setana dianalisis menggunakan persamaan yang didasarkan pada angka iodine dan angka saponifikasi [5].



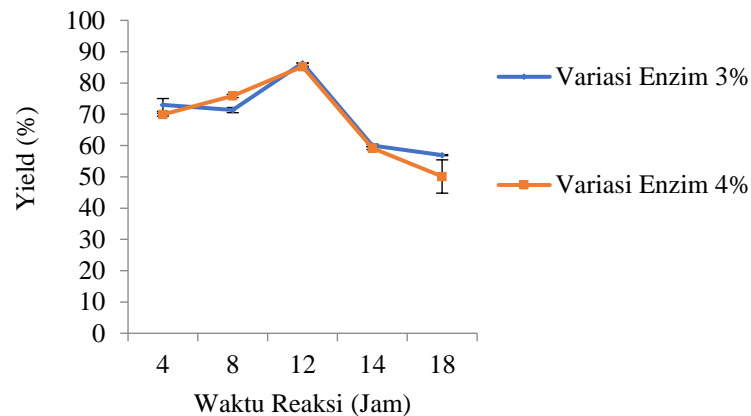
Gambar 1. Grafik Pengaruh Waktu Reaksi Pada Enzim Lipase Terhadap Angka Setana
Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Pengaruh waktu reaksi pada variasi enzim lipase terhadap titik nyala. Dilihat pada **Gambar 2** didapat hasil pada waktu reaksi 4 jam dengan variasi enzim 3% yaitu sebesar 273°C dan nilai titik nyala paling rendah didapat pada waktu reaksi 12 jam variasi enzim 3% yaitu sebesar 101°C. Menurut [11]. Meskipun *Flash point* minyak dan lemak secara signifikan dipengaruhi oleh kandungan ALB, namun kandungan gliserida tidak berpengaruh signifikan terhadap titik nyalanya. *Flash point* yang tinggi dapat memudahkan pengerjaan bahan bakar, karena bahan bakar tidak perlu disimpan pada temperatur rendah. Sebaliknya, bahan bakar dengan titik nyala yang rendah akan berbahaya karena tingginya [4]. Minyak dengan massa molekul rendah akan memiliki lebih banyak methanol yang ditambahkan dan sebaliknya [7].



Gambar 2. Grafik Pengaruh Waktu Reaksi Pada Enzim Lipase Terhadap Titik Nyala
Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

Pengaruh waktu reaksi pada variasi enzim lipase terhadap % yield. Dapat dilihat **Gambar 3** dimana pada waktu reaksi 4 jam masih mencapai sekitar 72,97% dan 69,88%. Pada waktu reaksi ke 18 jam variasi enzim 4 %, persentase yield mulai mengalami penurunan, waktu reaksi 12 jam variasi enzim 3% mendapatkan nilai paling tinggi yaitu sebesar 86,35%. Hal ini dikarenakan pemisahan gliserol yang kurang sempurna sehingga diperoleh hasil biodiesel yang tidak sempurna dengan berjalannya waktu reaksi karena adanya gliserol, membuat biodiesel menjadi lebih kental [9]. Dikarenakan lipase kehilangan aktivitasnya yang disebabkan oleh penyerapan gliserol yang terus menerus dari hasil reaksi transesterifikasi ke dalam resin kation yang diamobil dengan enzim lipase [15].



Gambar 3. Grafik Pengaruh Waktu Reaksi Pada Enzim Lipase Terhadap %Yield
 Sumber: Laboratorium Teknik Kimia Polsri (2024)

4. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian pembuatan biodiesel yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaruh waktu reaksi dengan variasi enzim terhadap yield biodiesel yaitu aktivitas enzim juga dipengaruhi lipase kehilangan aktivitasnya yang disebabkan oleh penyerapan gliserol yang terus menerus dari hasil reaksi transesterifikasi ke dalam resin kation yang diamobil dengan enzim lipase. Hasil optimum yang didapat yaitu *yield* sebesar 86,35 % dengan waktu reaksi 12 jam variasi enzim 3%. Sampel yang dianalisa menghasilkan viskositas 4,39 cSt, densitas 878 Kg/m³, angka iodine 68,53 g I₂/100g, saponifikasi 144,58 mg KOH/g, angka asam 0,47 mg KOH/g, angka setana 68,65, gliserol total 0,19%, metil ester 97,31% dan titik nyala 101°C.

5. Ucapan Terimakasih

Segala puji dan Syukur kepada Allah SWT karena atas limpahan berkah dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Demikian juga saya ucapkan terimakasih banyak atas bantuan PT. Tunas Baru Lampung Tbk (TBLA) telah mensupport bahan baku untuk penelitian Tugas Akhir. Kedua orang tua, dosen pembimbing dan teman-teman terdekat.

6. Akronim

CPO	Crude Palm Oil
PKO	Palm Kernel Oil
BUMN	Usaha Milik Negara
PBS	Perkebunan Besar Swasta
FAME	Fatty Acids Methyl Esters
ALB	Asam Lemak Bebas
SNI	Standar Nasional Indonesia
FFA	Free Fatty Acid
POLSRI	Politeknik Negeri Sriwijaya

7. Referensi

- [1] Aznury, M., Putri, M., Wahyunita, D. N., Alfatiya, S., Silviyati, I., Riani, I. G., Handayani, M. T., Junaidi, R., & Zikri, A. (2024). *Production of Biodiesel From Nyamplung Oil (Calophyllum inophyllum) Using Immobilized Lipase Enzyme Catalyst with Variation of Temperature and Number of Cycles in A Packed Bed Reactor* (pp. 118–126).
- [2] Daryono, E. D. (2020). Proses Interesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel Dengan Co-solvent Metil Ester. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 4(1), 1-8.
- [3] Efendi, R., Faiz, H. A. N., & Firdaus, E. R. (2018, October). Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasitransesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 9, pp. 402-409).

- [4] Hambali, M., Munandar, A., & Simanjuntak, R. J. (2016). Teknologi pengolahan biodiesel dari minyak goreng jagung bekas dengan varisasi bentonit sebagai alternatif bahan bakar mesin diesel. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(2), 28-36.
- [5] Holilah, H., Utami, T. P., & Prasetyoko, D. (2013). Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma*) dengan Variasi Konsentrasi Katalis NaOH. *Jurnal MIPA Unnes*, 36(1), 114283.
- [6] Kusumaningtyas, R. D., Normaliza, N., Anisa, E. D. N., Prasetiawan, H., Hartanto, D., Veny, H., Hamzah, F., & Rodhi, M. N. M. (2022). Synthesis of Biodiesel via Interesterification Reaction of *Calophyllum inophyllum* Seed Oil and Ethyl Acetate over Lipase Catalyst: Experimental and Surface Response Methodology Analysis. *Energies*, 15(20).
- [7] Lisdayanti, R., Putri, C. A., & Setyawati, H. (2017). Sintesis biodiesel dari minyak sisa pakai dengan variasi waktu reaksi dan ukuran Ba (OH) 2 sebagai katalis. *Jurnal Teknik Kimia*, 8(1), 12-16.
- [8] Mardawati, E., Hidayat, M. S., Rahmah, D.M., & Rosalinda, S. (2019) Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Kasar Off Grade Dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat Pada Proses Esterifikasi Terhadap Mutu Biodiesel Yang Dihasilkan. *Jurnal Industri Pertamina*, 01(No. 03), 46-60.
- [9] Maulidan, F., Ramadhanti, F. A., & Wahyudi, B. (2020). Pemanfaatan CPO Off-Grade dalam Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis CaO pada Reaksi Transesterifikasi. In *Journal of Chemical and Process Engineering ChemPro Journal* (Vol. 01, Issue 2).
- [10] Monde, J., Faransiskus, H., Lutfi, M., & Kumalasari, P. I (2020). Pengaruh Suhu pada Proses Transesterifikasi terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, Vol. 6, No. 1, 1325-1330.
- [11] Prihandana R., R. Hendroko dan M. Nuramin. (2006). *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- [12] Saleh, N. (2022). Pembuatan Biodiesel dari Crude Palm Oil (CPO) menggunakan Katalis CaO. *Ensiklopedia of Journal*, 5(3), 28-32.
- [13] Sokoto, M. A., Hassan, L. G., Dangoggo, S. M., Ahmad, H. G., & Uba, A. (2011). Influence of Fatty Acid Methyl Esters on Fuel properties of Biodiesel Produced from the Seeds Oil of *Curcubita pepo*. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 19(1), 81–86.
- [14] Sya'rawi, M.M. 2021. *Kaltim Hingga Saat ini Milik 94 Pabrik Kelapa Sawit*. *Bisnis.com*, Samarinda. <https://kalimantan.bisnis.com/read/20210414/408/138115/kaltim-hingga-saat-ini-milik-94-pabrik-kelapa-sawit> (Diakses pada tanggal 13 Maret 2024).
- [15] Zhang, J., & Zhang, X. (2019). The thermochemical conversion of biomass into biofuels. In *Biomass, biopolymer-based materials, and bioenergy* (pp. 327-368).