

Skripsi Fitriyah Nur Indahsari.pdf

by Dr. Poppy Diana Sari, S.TP., M.P.

Submission date: 10-Feb-2026 09:53PM (UTC+0700)

Submission ID: 2875856291

File name: Skripsi_Fitriyah_Nur_Indahsari.pdf (549.86K)

Word count: 5198

Character count: 33016

Analysis of Catalyst Type and Transesterification Time on the Physical and Chemical Properties of Biodiesel from Waste Cooking Oil

[Analisis Jenis Katalis dan Waktu Transesterifikasi terhadap Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dari Limbah Minyak Goreng Bekas]

Fitriyah Nur Indahsari, Poppy Diana Sari*

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: poppydianasari@umsida.ac.id

Abstract. *The increasing use of cooking oil produces waste that has a negative impact if not managed properly. This study aims to determine the effect of catalyst type and transesterification time on the physicochemical characteristics of biodiesel produced from waste cooking oil. This study used a randomized block design (RBD) with two treatment factors, namely catalyst type and transesterification time. The research shows that biodiesel produced using sodium methoxide has a lower density and viscosity, and a more stable free fatty acid and acid number than sodium ethoxide. The best result was obtained in a 90 minute transesterification treatment with sodium methoxide catalyst, producing biodiesel with a methyl ester content of 97.895%, which meets the requirements of SNI 7182:2015. Therefore, the use of waste cooking oil has the potential to be a sustainable and environmentally friendly biodiesel feedstock.*

Keywords – Biodiesel; microfiltration; transesterification time; waste cooking oil

Abstrak. *Peningkatan penggunaan minyak goreng menghasilkan limbah yang berdampak negatif jika tidak dikelola dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh katalis dan waktu transesterifikasi terhadap karakteristik fisikokimia biodiesel yang dihasilkan dari minyak goreng bekas. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan yaitu jenis katalis dan waktu transesterifikasi. Penelitian menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan menggunakan sodium metoksida memiliki densitas dan viskositas lebih rendah, serta asam lemak bebas dan bilangan asam lebih stabil dibandingkan sodium etoksida. Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan transesterifikasi selama 90 menit dengan katalis sodium metoksida menghasilkan biodiesel dengan kandungan metil ester sebesar 97,895% yang memenuhi SNI 7182:2015. Dengan demikian, penggunaan minyak goreng bekas berpotensi menjadi bahan baku biodiesel yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.*

Kata Kunci – Biodiesel; mikrofiltrasi; waktu transesterifikasi; limbah minyak goreng bekas

I. PENDAHULUAN

Minyak goreng merupakan bahan pangan yang berasal dari minyak nabati (tumbuhan) dan menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat yang diatur dalam SNI 7709:2019 [1]. Minyak goreng memiliki senyawa gliserida dan asam lemak yang digunakan dalam kebutuhan sehari-hari oleh masyarakat seperti menggoreng bahan pangan [2]. Kebutuhan pasar akan peningkatan permintaan minyak goreng membuat harga minyak goreng menjadi mahal. Oleh karena itu, sebagian masyarakat menggunakan ulang minyak goreng untuk memasak hingga kehitaman yakni minyak jelantah [3]. Minyak goreng yang digunakan berulang bersifat karsinogenik karena pemanasan suhu tinggi yang berulang pada minyak, pemanasan berulang juga meningkatkan kadar asam lemak, tingginya kadar ALB mengindikasikan bahwa minyak goreng tersebut memiliki kualitas yang rendah [4]. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa, syarat mutu minyak goreng sesuai dengan standar SNI 7709:2019 yaitu kadar air < 0,1 %, FFA < 0,3 %, bilangan peroksida < 10 Meq O₂/Kg, cemaran arsen < 0,10 mg/Kg [5].

Minyak goreng bekas jika dibuang begitu saja akan menjadi limbah yang akan merusak lingkungan, banyak penelitian mengenai pemanfaatan minyak goreng bekas rumah tangga seperti pembuatan sabun [6], lilin aroma terapi [7], pupuk organik tanaman [8] dan bahan bakar [9][10][11]. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pengolahan limbah minyak goreng bekas yang baik dapat mencegah dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan, pemanfaatan limbah minyak menjadi biodiesel dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon [12]. Menurut penelitian terdahulu, pemanfaatan minyak goreng bekas dapat membantu mengurangi limbah [8] dan memberikan nilai tambah bagi masyarakat, salah satunya sebagai bahan bakar alternatif [13]. Biodiesel ialah bahan bakar yang dibuat dari minyak nabati dan lemak hewani yang menjadi alternatif pengganti solar, biodiesel merupakan energi terbarukan yang umumnya terbuat dari minyak sawit atau CPO [14]. Penggunaan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku biodiesel menimbulkan banyak kontroversi terkait deforestasi dan dampak sosialnya. Sehingga, ditemukan alternatif pembuatan biodiesel dari minyak jelantah, agar minyak jelantah tidak menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan [9]. Biodiesel mengandung Fatty Acid Methyl Ester (FAME) yang digunakan menjadi bahan bakar, FAME ini terbentuk dari proses transesterifikasi, dimana gliserin dipisahkan dengan pelarut (alkohol) yang kemudian menghasilkan biodiesel dan gliserin [15]. Transesterifikasi merupakan proses pertukaran gugus ester antara 2 molekul

yang mana ester bereaksi dengan alkohol lain untuk membentuk ester baru dan alkohol yang berbeda, pada penelitian ini reaksi dikatalisis dengan basa kuat (NaOH), proses transesterifikasi ini sangat penting dalam pembuatan biodiesel [16].

Berdasarkan studi terdahulu, penggunaan pelarut metanol dan etanol dalam pembuatan biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit, penggunaan metanol dan etanol dalam penelitian tersebut membantu melarutkan senyawa trigliserida menjadi ester metil dan gliserol yang ada pada minyak kelapa sawit sehingga mempermudah dalam analisis kimia, penelitian tersebut menghasilkan biodiesel dengan nilai angka asam dan viskositas yang sesuai standar SNI dan dapat disarankan menjadi bahan baku biodiesel nasional [17]. Kualitas biodiesel sesuai dengan Standar Mutu Biodiesel (SNI 7182:2015) yaitu densitas pada 40 °C 850-890 kg/m³, viskositas pada 40 °C 2,3-6,0 mm²/s (cSt), air dan sedimen 0,05 %, bilangan asam 0,5 mg KOH/g dan kadar ester metil 96,5 % [18]. Hasil riset sebelumnya, mengaplikasikan minyak jelantah sebagai bahan pokok biodiesel melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan ukuran kertas 1 µm, 5 µm dan 16 µm, yang kemudian di esterifikasi menggunakan metanol dan H₂SO₄ sebagai katalis, dengan variasi waktu transesterifikasi selama 50, 60, 65 dan 70 menit dengan suhu 55-85 °C, perlakuan terbaik yakni filtrasi ukuran pori 16 µm dan waktu transesterifikasi 60 menit, yang menghasilkan karakteristik pada biodiesel memenuhi SNI-04-7182-2006, namun pada perlakuan tersebut belum menemukan titik maksimal atau tertinggi sehingga perlu diteliti lebih lanjut [13].

Berdasarkan penelitian yang relevan, penyaringan dengan kertas saring Whatman No. 42 efektif dalam memisahkan kotoran fisik dan menghasilkan minyak filtrat yang jernih [19]. Studi terdahulu melakukan filtrasi minyak jelantah dengan menggunakan kertas saring Whatman No. 42 menyebabkan perubahan fisik maupun kimia setelah filtrasi [20]. Kertas Whatman No. 42 mampu menahan partikel padat yang terdapat pada minyak jelantah serta mampu menurunkan kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air dan bilangan peroksida [21]. Mikrofiltrasi merupakan pemisahan antara cairan dengan partikel atau zat pengotor, pada pembuatan biodiesel mikrofiltrasi jarang digunakan karena lebih memilih cara yang praktis yaitu esterifikasi. Proses esterifikasi yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya pada pembuatan biodiesel memiliki kekurangan, salah satunya yaitu pengaruhnya terhadap penurunan kualitas minyak yang menyebabkan angka penyabunan yang tinggi serta menghasilkan air dari reaksi senyawa kimia yang ditambahkan [22], sehingga dilakukan mikrofiltrasi oleh peneliti lain sebagai pengganti dari proses esterifikasi karena prosesnya yang lebih aman, pengoperasian yang sederhana, perolehan yang dihasilkan lebih tinggi [23].

Penelitian yang relevan menggunakan pelarut metanol dengan konsentrasi katalis NaOH 0,5 %, 1,0 % dan 1,5 %, hasil penelitian diperoleh pada pengaplikasian katalis NaOH konsentrasi 1,5 % pada suhu 50 °C selama 90 menit menghasilkan biodiesel dengan kualitas terbaik, ditunjukkan dari nilai angka asam dan viskositas memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) [24]. Oleh karena itu, terdapat kemungkinan bahwa peningkatan konsentrasi katalis NaOH di atas 1,5 % berpotensi mempengaruhi reaksi transesterifikasi, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan konsentrasi optimum yang menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi. Peneliti terdahulu menunjukkan bahwa dengan konsentrasi katalis 2 % menghasilkan persentase *yield* biodiesel tertinggi sebesar 92,65 % [25]. Konsentrasi tersebut dipilih berdasarkan pertimbangan efektivitas reaksi dalam memutus ikatan trigliserida dalam minyak. Selanjutnya, katalis sodium etoksida dan sodium metoksida direaksikan dengan minyak hasil mikrofiltrasi sebagai bahan utama dalam menghasilkan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi.

Maka dari itu perlu adanya penelitian mengenai perbandingan jenis katalis sodium etoksida dan sodium metoksida pada suhu 50 °C dan waktu transesterifikasi selama 30, 60, 90, 120 dan 150 menit untuk mengetahui kualitas biodiesel dari limbah minyak goreng bekas, penentuan waktu transesterifikasi tersebut didasari dari penelitian terdahulu yang menghasilkan waktu optimum transesterifikasi pada 90-120 menit, dengan densitas dan viskositas yang memenuhi standar SNI [26]. Penelitian ini mengkaji kualitas biodiesel berdasarkan parameter densitas, viskositas, asam lemak bebas, bilangan asam serta komposisi metil ester dengan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)* dari limbah minyak goreng bekas.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jenis katalis serta waktu transesterifikasi terhadap kualitas biodiesel berbasis limbah minyak goreng bekas?
2. Apakah parameter nilai densitas, viskositas, asam lemak bebas, bilangan asam dan biodiesel dan komposisi metil ester memenuhi SNI 7182:2015 pada biodiesel?
3. Apakah kadar metil ester pada biodiesel dengan perlakuan terbaik sudah memenuhi SNI 7182:2015 pada Biodiesel?

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh jenis katalis serta waktu transesterifikasi terhadap kualitas biodiesel berbasis limbah minyak goreng bekas.
2. Mengetahui parameter nilai densitas, viskositas, asam lemak bebas, bilangan asam dan biodiesel dan komposisi metil ester memenuhi SNI 7182:2015 pada biodiesel.

3. Mengetahui kadar metil ester pada biodiesel dengan perlakuan terbaik sudah memenuhi SNI 7182:2015 pada Biodiesel.

Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat memberikan pengetahuan mengenai kandungan biodiesel dari limbah minyak goreng bekas.
2. Dapat menjadikan sumber energi terbahukan dan alternatif bahan bakar untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil seperti solar.
3. Dapat menjadi solusi ramah lingkungan dengan pemanfaatan limbah minyak goreng bekas atau lebih dikenal dengan *zero waste* guna meminimalisir limbah pangan.

II. METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dikerjakan selama 6 bulan yang dilaksanakan pada Juni - Desember 2025, di Laboratorium Analisa Pangan, Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan Laboratorium FMIPA Terpadu, Universitas Udayana.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah vial kaca, erlenmeyer, kaca arloji, beaker glass, hotplate stirrer merek Thermo, *magnetic stirrer* merek Aceuhance, buret, statif, klem, pipet tetes, timbangan analitik merek Ohaus, termometer digital merek Taffware, piknometer, bunsen, corong buncher, mesin vakum merek Value, *waterbath* merek Nimmert, *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)*, pipet ukur, bola hisap merek Vitlab, *filter paper* Whatman No. 42 (ukuran pori 2,5 μm) dan aluminium foil.

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu minyak goreng bekas dengan 8 kali penggorengan, sedangkan bahan kimia yang digunakan antara lain etanol 95%, metanol 99%, NaOH, KOH, bleaching earth, Indikator PP (Phenolphthalein) dan aquades

2.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) sederhana dengan dua faktor perlakuan yaitu perbedaan jenis katalis (sodium metoksid dan sodium etoksid) dan waktu transesterifikasi (30, 60, 90, 120, 150) menit. Didapatkan 10 perlakuan dan diulang 3 kali, maka diperoleh 30 unit percobaan. Perlakuan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Katalis sodium etoksid : Waktu transesterifikasi 30 menit
2. Katalis sodium etoksid : Waktu transesterifikasi 60 menit
3. Katalis sodium etoksid : Waktu transesterifikasi 90 menit
4. Katalis sodium etoksid : Waktu transesterifikasi 120 menit
5. Katalis sodium etoksid : Waktu transesterifikasi 150 menit
6. Katalis sodium metoksid : Waktu transesterifikasi 30 menit
7. Katalis sodium metoksid : Waktu transesterifikasi 60 menit
8. Katalis sodium metoksid : Waktu transesterifikasi 90 menit
9. Katalis sodium metoksid : Waktu transesterifikasi 120 menit
10. Katalis sodium metoksid : Waktu transesterifikasi 150 menit

2.4 Variabel Pengamatan

Pada penelitian ini variabel pengamatan meliputi:

1. Uji Fisik
 - Densitas Jenis metode gravimetri [27].
 - Viskositas metode viskometri kapiler (Ostwald) [17].
2. Uji Kimia
 - Asam Lemak Bebas metode titrasi [28].
 - Bilangan Asam metode titrasi [29].
3. Uji Analisis Kimia Instrumen dengan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)* [30].

2.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengamatan dianalisis dengan *analysis of variance (ANOVA)*, apabila terdapat perbedaan nyata dalam selang kepercayaan 95% ($P < 5\%$) dilanjutkan dengan uji BNJ signifikansi 5%. Penelitian ini dimulai dengan tahap mikrofiltrasi lalu transesterifikasi kemudian setling dan pemurnian hingga didapatkan pure biodiesel. Pure biodiesel diuji secara fisik dan kimia, pengujian fisik meliputi densitas dan viskositas

sedangkan uji kimia mencakup penentuan asam lemak bebas dan bilangan asam. Penentuan perlakuan terbaik di analisis menggunakan metode perlakuan terbaik Zeleny [31], kemudian hasilnya diuji dengan GC-MS untuk menentukan kandungan metil ester biodiesel serta menilai kesesuaiannya dengan standar sni 7182:2015.

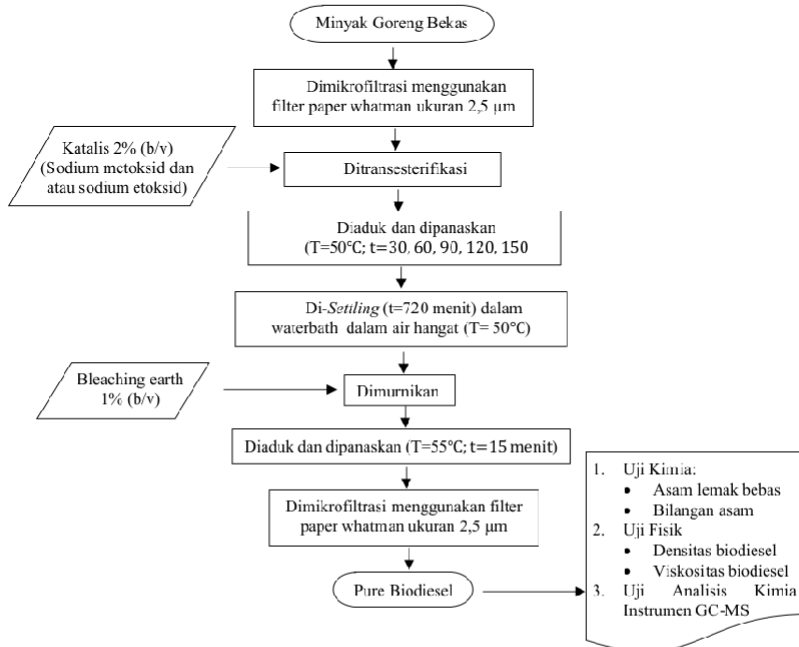
2.6 Prosedur Penelitian

Pembuatan biodiesel berbasis minyak goreng bekas mengacu pada penelitian [23] yang dimodifikasi:

1. Minyak goreng bekas dimikrofiltrasi menggunakan filter paper *Whatman* No.42 ukuran pori 2,5 μm .
2. Minyak hasil mikrofiltrasi dilakukan transesterifikasi dengan memanaskan ($T=50^{\circ}\text{C}$), kemudian ditambahkan katalis 2% (b/v).
3. Lakukan proses pengadukan dan pemanasan ($T=50^{\circ}\text{C}$), dan waktu transesterifikasi (30, 60, 90, 120, 150) menit.
4. *Settling* ($t=720$ menit) dalam waterbath pemanasan ($T=50^{\circ}\text{C}$), menghasilkan 2 lapisan metil ester dan gliserol. Metil ester dipisahkan dari gliserol dan dimurnikan dengan menambahkan bleaching earth 1% (b/v) lalu didaduk dan dipanaskan ($t=15$ menit; $T=55^{\circ}\text{C}$), kemudian dipisahkan kembali melalui mikrofiltrasi dengan filter paper *Whatman* No.42 ukuran pori 2,5 μm .
5. Didapatkan pure biodiesel yang akan dianalisis fisik, kimia dan kandungan metil ester sesuai standar SNI 7182:2015.

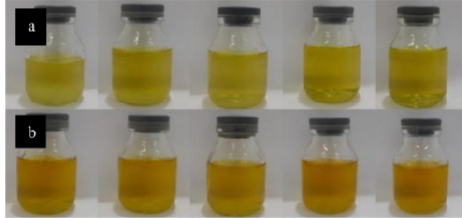
Diagram alir pembuatan biodiesel minyak goreng bekas dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Diagram alir pembuatan biodiesel minyak goreng bekas mengacu pada [23] dimodifikasi



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses transesterifikasi merupakan tahapan setelah proses mikrofiltrasi yang sangat dipengaruhi oleh jenis pelarut katalik dan waktu transesterifikasi. Pada penelitian ini, biodiesel disintesis menggunakan dua jenis pelarut berbasis alkoksida, yaitu sodium metoksida dan sodium etoksida, dengan waktu transesterifikasi 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Variasi waktu tersebut ditetapkan untuk mengevaluasi pengaruh kinetika transesterifikasi terhadap tingkat konversi triglisierida serta kualitas biodiesel yang dihasilkan [32].



Gambar 1. (a) biodiesel katalis sodium metoksida berurutan waktu transesterifikasi 30 - 150 menit, (b) biodiesel katalis sodium etoksida berurutan waktu transesterifikasi 30 - 150 menit

Kualitas biodiesel yang diperoleh dievaluasi berdasarkan parameter fisikokimia meliputi densitas, viskositas, asam lemak bebas dan angka asam. Parameter-parameter ini digunakan sebagai parameter keberhasilan reaksi transesterifikasi serta kestabilan produk biodiesel, karena nilai FFA dan angka asam yang tinggi dapat mengindikasikan reaksi yang tidak sempurna atau terjadinya reaksi samping seperti hidrolisis dan saponifikasi.

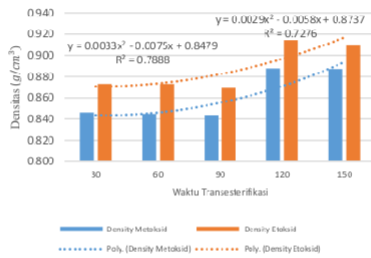
3.1 Karakteristik Fisik

3.1.1 Densitas

Densitas biodiesel ditentukan menggunakan metode piknometri, densitas merupakan ukuran massa suatu benda per-satuan volumenya dengan satuan kilogram per meter kubik (kg/m^3) atau gram per sentimeter kubik (g/cm^3) [33]. Densitas diperoleh berdasarkan analisis sidik ragam, hasil analisis menunjukkan tidak adanya interaksi nyata antara jenis katalis dan lama waktu transesterifikasi. Rerata nilai densitas ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Rerata hasil uji densitas biodiesel berdasarkan jenis katalis dan variasi waktu transesterifikasi

Perlakuan	Rerata Densitas (g/cm^3)
P1 (Katalis Sodium Etoksida)	0,8880 ^b
P2 (Katalis Sodium Metoksida)	0,8620 ^a
BNJ 5%	0,0045
W1 (Waktu Transesterifikasi 30 menit)	0,8597 ^b
W2 (Waktu Transesterifikasi 60 menit)	0,8591 ^a
W3 (Waktu Transesterifikasi 90 menit)	0,8565 ^a
W4 (Waktu Transesterifikasi 120 menit)	0,9011 ^b
W5 (Waktu Transesterifikasi 150 menit)	0,8986 ^b
BNJ 5%	0,0064



Gambar 2. Pengaruh pelarut dan waktu transesterifikasi terhadap densitas biodiesel

Hasil analisis sidik ragam pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa faktor jenis katalis (P) dan waktu transesterifikasi (W) berpengaruh nyata terhadap densitas biodiesel, sedangkan interaksi antara jenis katalis dan waktu transesterifikasi (P x W) tidak berpengaruh nyata. Pengaruh nyata faktor P ditunjukkan oleh perbedaan nilai rerata uji lanjut BNJ 5% pada densitas biodiesel antara katalis sodium etoksida (P1) dan sodium metoksida (P2), katalis sodium metoksida menghasilkan densitas lebih rendah dibandingkan dengan sodium etoksida yaitu sebesar 0,8620 g/cm³. Faktor W menunjukkan pengaruh nyata terhadap densitas biodiesel. Nilai densitas terendah ditunjukkan pada W3 (90 menit), yang mengindikasikan pada waktu tersebut reaksi ada pada kondisi optimal, namun pada waktu transesterifikasi yang lebih lama pada 120 dan 150 menit (W4 dan W5) densitas mengalami peningkatan dan berbeda nyata dengan perlakuan sebelumnya.

Berdasarkan **Gambar 2** biodiesel menggunakan pelarut sodium metoksida menunjukkan nilai densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan biodiesel yang menggunakan pelarut sodium etoksida. Waktu transesterifikasi 90 menit menggunakan sodium metoksida adalah titik optimum dalam proses transesterifikasi, karena menghasilkan densitas terendah sebesar 0.8438 (g/cm³). Penggunaan sodium etoksida tidak hanya menghasilkan densitas yang lebih tinggi, tetapi juga lebih rentan terhadap ketidakstabilan reaksi pada waktu yang lebih lama (di atas 90 menit). Hal ini menunjukkan bahwa biodiesel dengan pelarut sodium metoksida memiliki efektivitas yang lebih tinggi dalam mengonversi trigliserida menjadi metil ester daripada biodiesel dengan pelarut sodium etoksida. Biodiesel dengan pelarut metoksida memiliki nilai regresi (R²) sebesar 0,7888 yang menunjukkan bahwa sebesar 78,88% densitas yang diperoleh dari waktu transesterifikasi, sedangkan lainnya dipengaruhi oleh faktor lain. Sedangkan, biodiesel dengan pelarut sodium etoksida memiliki nilai regresi (R²) sebesar 0,7276 yang berarti 72,76% perubahan densitas dipengaruhi oleh waktu transesterifikasi. Nilai R² yang tinggi pada biodiesel dengan kedua pelarut menunjukkan bahwa waktu transesterifikasi berpengaruh nyata terhadap densitas biodiesel.

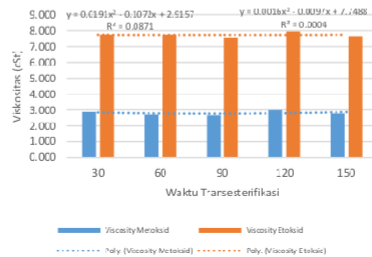
Densitas biodiesel dengan pelarut sodium metoksida mengalami penurunan nilai pada waktu transesterifikasi 30 hingga 90 menit, kemudian meningkat pada waktu 120 dan 150 menit. Sementara itu pada sodium etoksida menghasilkan densitas biodiesel yang relatif lebih tinggi dan cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu transesterifikasi, terutama pada waktu 120 dan 150 menit. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa lamanya waktu transesterifikasi menunjukkan penurunan nilai densitas pada biodiesel dengan waktu 30-90 menit [34]. Diperkuat dengan penelitian sebelumnya, bahwa waktu transesterifikasi yang terlalu lama dapat memicu reaksi samping seperti penyabunan dan degradasi metil ester, sehingga meningkatkan kandungan zat non metil ester dalam biodiesel yang berpengaruh terhadap massa jenis biodiesel [35]. Berdasarkan hasil uji didapatkan densitas sesuai dengan SNI pada perlakuan waktu transesterifikasi 30 menit hingga 90 menit yang sesuai dengan standar yaitu 850-890 kg/m³ (0,850-0,890 g/cm³). Peningkatan densitas ini disebabkan oleh terbentuknya reaksi samping atau terjadinya kesetimbangan reaksi, sehingga tidak seluruh trigliserida terkonversi secara optimal menjadi metil ester.

3.1.2 Viskositas

Nilai viskositas ditentukan menggunakan metode pengukuran viskosimetri kapiler (ostwald), viskositas mengukur kekentalan cairan yang menunjukkan besaran gaya gesekan internal fluida [36]. Viskositas diperoleh berdasarkan analisis sidik ragam, hasil analisis menunjukkan tidak adanya interaksi nyata antara jenis katalis dan lama waktu transesterifikasi. Rerata nilai viskositas ditunjukkan pada **Tabel 2 dan Gambar 3**.

Tabel 2. Rerata hasil uji viskositas biodiesel¹ berdasarkan jenis katalis dan variasi waktu transesterifikasi

Perlakuan	Rerata Viskositas (cSt)
P1 (Katalis Sodium Etoksid)	7,7377 ^b
P2 (Katalis Sodium Metoksid)	2,8039 ^a
BNJ 5%	0,3718
W1 (Waktu Transesterifikasi 30 menit)	5,3180 ^a
W2 (Waktu Transesterifikasi 60 menit)	5,2341 ^a
W3 (Waktu Transesterifikasi 90 menit)	5,1152 ^a
W4 (Waktu Transesterifikasi 120 menit)	5,4667 ^a
W5 (Waktu Transesterifikasi 150 menit)	5,2200 ^a
BNJ 5%	0,5387 (tn)



Gambar 3. Pengaruh pelarut dan waktu transesterifikasi terhadap viskositas biodiesel

4

Hasil analisis sidik ragam pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa faktor jenis katalis (P) berpengaruh nyata terhadap densitas biodiesel, sedangkan waktu transesterifikasi (W) dan faktor interaksi antara jenis katalis dan waktu transesterifikasi (PxW) tidak berpengaruh nyata. Pengaruh nyata faktor P ditunjukkan oleh perbedaan nilai rerata uji lanjut BNJ 5% pada densitas biodiesel antara katalis sodium etoksid (P1) dan sodium metoksid (P2), katalis sodium metoksid menghasilkan viskositas lebih rendah dibandingkan dengan sodium etoksid yaitu sebesar 2,8039 (cSt). Faktor W tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap densitas biodiesel dilihat dari hasil uji lanjut BNJ 5% yang memperlihatkan bahwa nilai rerata densitas pada seluruh waktu transesterifikasi berada pada kelompok huruf yang sama.

Berdasarkan **Gambar 3** biodiesel menggunakan pelarut sodium metoksid menunjukkan nilai viskositas yang lebih rendah dibandingkan dengan biodiesel yang menggunakan pelarut sodium etoksid. Waktu transesterifikasi 90 menit menggunakan sodium metoksid menghasilkan viskositas terendah sebesar 5,1152 cSt. Penggunaan sodium etoksid tidak hanya menghasilkan viskositas yang lebih tinggi, disebabkan oleh reaktivitas etanol yang lebih rendah dibandingkan metanol dan senyawa trigliserida yang belum bereaksi sempurna sehingga dapat menyebabkan reaksi samping. Hal ini menunjukkan bahwa biodiesel dengan pelarut sodium metoksid memiliki efektivitas yang lebih tinggi dalam mengonversi trigliserida menjadi metil ester daripada biodiesel dengan pelarut sodium etoksid. Biodiesel dengan pelarut metoksid memiliki nilai regresi (R^2) sebesar 0,0871 yang menunjukkan bahwa sebesar 8,71% densitas yang diperoleh dari waktu transesterifikasi, sedangkan lainnya dipengaruhi oleh faktor lain. Sedangkan, biodiesel dengan pelarut sodium etoksid memiliki nilai regresi (R^2) sebesar 0,0004 yang berarti 0,04% perubahan viskositas dipengaruhi oleh waktu transesterifikasi. Nilai R^2 yang rendah pada biodiesel dengan kedua jenis katalis menunjukkan bahwa waktu transesterifikasi tidak berpengaruh nyata terhadap viskositas biodiesel. Hal tersebut disebabkan karena reaksi konversi trigliserida menjadi *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)* mencapai titik jenuh dalam waktu singkat, sehingga penambahan waktu tidak menurunkan viskositas secara signifikan, melainkan lebih mempengaruhi mempengaruhi rendemen [37].

Viskositas biodiesel dengan pelarut sodium metoksid dan sodium etoksid mengalami penurunan nilai pada waktu 90 menit, kemudian meningkat pada waktu 120. Berdasarkan standar SNI biodiesel, viskositas biodiesel sebesar 2,3 - 6,0 cSt, dari hasil rerata uji viskositas menunjukkan bahwa perlakuan dengan seluruh waktu transesterifikasi (30-150 menit) telah memenuhi SNI, yang menunjukkan bahwa durasi waktu tersebut sesuai dengan standar. Perlakuan katalis

sodium metoksid (P2) menghasilkan viskositas yang memenuhi standar SNI, sedangkan katalis sodium etoksid (P1) menghasilkan viskositas yang melebihi batas maksimum SNI.

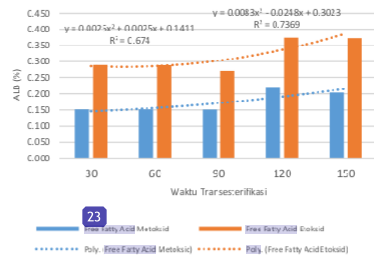
3.2 Karakteristik Kimia

3.2.1 Asam Lemak Bebas

Kadar asam lemak bebas ditentukan dengan metode titrasi asam basa, (penjelasan asam lemak bebas). Kadar asam lemak bebas diperoleh berdasarkan analisis sidik ragam, hasil analisis menunjukkan tidak ada interaksi nyata antara jenis katalis dan lama waktu transesterifikasi. Rerata kadar asam lemak bebas ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 4

Tabel 3. Rerata hasil uji asam lemak bebas biodiesel berdasarkan jenis katalis dan variasi waktu transesterifikasi

Perlakuan	Rerata Asam Lemak Bebas (%)
P1 (Katalis Sodium Etoksid)	0,3195 ^b
P2 (Katalis Sodium Metoksid)	0,1758 ^a
BNJ 5%	0,0406
W1 (Waktu Transesterifikasi 30 menit)	0,2205 ^a
W2 (Waktu Transesterifikasi 60 menit)	0,2281 ^b
W3 (Waktu Transesterifikasi 90 menit)	0,2977 ^b
W4 (Waktu Transesterifikasi 120 menit)	0,2117 ^a
W5 (Waktu Transesterifikasi 150 menit)	0,2204 ^a
BNJ 5%	0,0586



Gambar 4. Pengaruh pelarut dan waktu transesterifikasi terhadap asam lemak bebas biodiesel

Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 3 menunjukkan bahwa faktor jenis katalis (P) dan waktu transesterifikasi (W) berpengaruh nyata terhadap asam lemak bebas biodiesel, sedangkan faktor interaksi antara jenis katalis dan waktu transesterifikasi (P x W) tidak berpengaruh nyata. Pengaruh faktor P ditunjukkan oleh perbedaan nilai rerata uji BNJ 5% pada asam lemak bebas biodiesel antara katalis sodium etoksid (P1) dan sodium metoksid (P2)

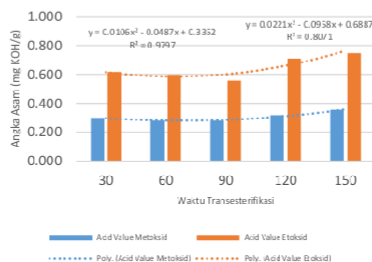
Berdasarkan Gambar 4 biodiesel menggunakan pelarut sodium metoksid menunjukkan nilai asam lemak bebas yang lebih rendah dibandingkan dengan biodiesel yang menggunakan pelarut sodium etoksid. Waktu transesterifikasi 90 menit menggunakan sodium metoksid memiliki kadar asam lemak bebas terendah sebesar 0,2977%. Kadar asam lemak bebas yang rendah pada metoksid disebabkan oleh sifat metanol yang reaktif dibandingkan etanol [38]. Penggunaan sodium etoksid lebih rentan terhadap ketidakstabilan reaksi pada waktu yang lebih lama (120 dan 150 menit). Nilai regresi (R^2) menunjukkan bahwa katalis sodium metoksid sebesar 0,678 yang berarti 67,4% nilai asam lemak bebas dijelaskan oleh perubahan waktu transesterifikasi, sedangkan pada biodiesel dengan katalis sodium etoksid didapatkan nilai regresi (R^2) sebesar 0,7369 yang menandakan bahwa katalis sodium etoksid memiliki hubungan linear yang lebih kuat antara waktu transesterifikasi dan nilai asam lemak bebas. Nilai R^2 yang lebih besar menunjukkan bahwa proses transesterifikasi berlangsung lebih stabil dan konsisten. Peningkatan waktu transesterifikasi menunjukkan kecenderungan perubahan kadar asam lemak bebas dilihat pada kedua katalis, hal ini mengindikasikan bahwa waktu reaksi berperan dalam pembentukan dan penurunan asam lemak bebas selama proses transesterifikasi.

3.2.2 Angka Asam

Pengujian angka asam biodiesel dilakukan menggunakan metode titrasi asam-basa, angka asam merupakan parameter kualitas yang menentukan kualitas dan potensi pada bahan bakar seperti biodiesel [29]. Nilai angka asam diperoleh berdasarkan analisis sidik ragam, hasil analisis menunjukkan tidak adanya interaksi nyata antara jenis katalis dan lama waktu transesterifikasi. Rerata nilai angka asam ditunjukkan pada **Tabel 4 dan Gambar 5**.

Tabel 4. Rerata hasil uji Angka Asam biodiesel berdasarkan jenis katalis dan variasi waktu transesterifikasi:

Perlakuan	Rerata Angka Asam (mg KOH/g)
P1 (Katalis Sodium Etoksid)	0,6449 ^b
P2 (Katalis Sodium Metoksid)	0,3057 ^a
BNJ 5%	0,0740
W1 (Waktu Transesterifikasi 30 menit)	0,4574 ^{ab}
W2 (Waktu Transesterifikasi 60 menit)	0,4381 ^{ab}
W3 (Waktu Transesterifikasi 90 menit)	0,4173 ^a
W4 (Waktu Transesterifikasi 120 menit)	0,5132 ^{bc}
W5 (Waktu Transesterifikasi 150 menit)	0,5504 ^c
BNJ 5%	0,1066



Gambar 5. Pengaruh pelarut dan waktu transesterifikasi terhadap angka asam biodiesel

Hasil analisis sidik ragam pada **Tabel 4** menunjukkan bahwa faktor jenis katalis (P) dan waktu transesterifikasi (W) berpengaruh nyata terhadap angka asam, sedangkan faktor interaksi P x W tidak berpengaruh nyata. Berdasarkan uji BNJ 5% penggunaan katalis sodium metoksid (P2) menghasilkan angka asam lebih rendah dibandingkan sodium etoksid (P1), menunjukkan bahwa sodium etoksid lebih optimal dalam reaksi transesterifikasi. Pada faktor waktu, perlakuan dengan waktu transesterifikasi 90 menit (W3) menghasilkan nilai angka asam terendah yaitu sebesar 0,4173 mg KOH/g. Berdasarkan **Gambar 5**, biodiesel yang dihasilkan menggunakan sodium metoksid menunjukkan nilai angka asam yang lebih rendah dibandingkan dengan sodium etoksid, yang menandakan kualitas biodiesel yang lebih baik dalam menekan kandungan angka asam. Biodiesel dengan pelarut sodium metoksid memiliki nilai angka asam biodiesel lebih rendah dan stabil pada durasi transesterifikasi 30–90 menit, dengan nilai 0,280–0,298 mg KOH/g. Grafik menunjukkan penurunan hingga mencapai titik minimum pada 60–90 menit, kemudian mengalami peningkatan pada durasi transesterifikasi yang lebih lama (120–150 menit) menjadi 0,317 dan 0,355 mg KOH/g. Kenaikan ini menunjukkan bahwa reaksi telah melewati kondisi optimum dan berpotensi mengalami reaksi hidrolisis atau reaksi balik, terutama akibat pengaruh sisa air atau penurunan efektivitas katalis seiring bertambahnya waktu reaksi.

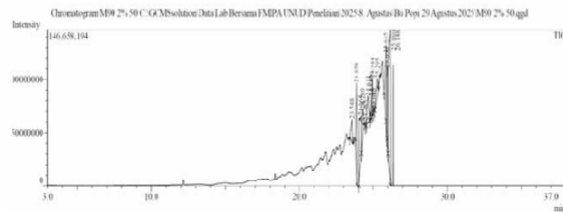
Kecenderungan perubahan angka asam pada biodiesel dengan pelarut sodium metoksid diperkuat oleh nilai regresi (R^2) sebesar 0,9797, yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara waktu transesterifikasi dan perubahan angka asam. Nilai regresi yang mendekati 1 mengindikasikan bahwa waktu transesterifikasi merupakan faktor dominan yang mempengaruhi nilai angka asam pada biodiesel dengan pelarut sodium metoksid. Sebaliknya, biodiesel yang dihasilkan menggunakan sodium etoksid menunjukkan angka asam yang lebih tinggi. Nilai angka asam menurun dari 0,617 mg KOH/g pada 30 menit menjadi 0,555 mg KOH/g pada 90 menit, yang menunjukkan bahwa lama waktu transesterifikasi 120 - 150 menit dapat meningkatkan efisiensi reaksi, angka asam meningkat secara signifikan hingga 0,709 dan 0,746 mg KOH/g. Hubungan antara waktu transesterifikasi dan angka asam pada biodiesel dengan pelarut sodium etoksid ditunjukkan oleh nilai regresi sebesar 0,8071, yang mengindikasikan korelasi kuat,

tetapi tidak sekuat pada biodiesel dengan pelarut sodium metoksid. Hal ini menunjukkan bahwa selain waktu transesterifikasi, faktor lain seperti kandungan air, laju pemisahan fase, dan stabilitas katalis dapat mempengaruhi peningkatan angka asam pada biodiesel. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa semakin lama waktu transesterifikasi, yield biodiesel semakin menurun dan bilangan asam yang semakin meningkat [39]. Nilai angka asam terendah diperoleh pada penggunaan sodium metoksid dengan waktu transesterifikasi 90 menit, yang menunjukkan kondisi paling optimal dalam menghasilkan biodiesel dengan kandungan angka asam minimal.

Secara keseluruhan, parameter mutu biodiesel yang meliputi densitas, viskositas, asam lemak bebas dan angka asam menunjukkan bahwa jenis pelarut katalitik dan waktu transesterifikasi berpengaruh nyata terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan. Penggunaan sodium metoksid pada waktu transesterifikasi yang optimal (90 menit) menghasilkan biodiesel dengan densitas yang lebih stabil, viskositas yang lebih rendah, asam lemak bebas serta angka asam yang lebih kecil dibandingkan sodium etoksid. Kondisi ini mengindikasikan bahwa konversi trigliserida berlangsung lebih efektif dan reaksi samping dapat diminimalkan, sehingga mutu biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 7182:2015).

3.3 Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS)

Analisis komposisi biodiesel menggunakan GC-MS, dengan hasil kromatogram dan tabel kuantitatif sampel yang menunjukkan kondisi perlakuan terbaik berdasarkan uji pembobotan metode zeleny pada Sampel M90 (sodium metoksid, 2%, 50 °C, 90 menit) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Hasil GC-MS biodiesel dengan sodium metoksid

Kromatogram pada sampel memperlihatkan puncak-puncak utama pada rentang waktu retensi sekitar 23–26 menit, yang merupakan karakteristik senyawa metil ester asam lemak (FAME) sebagai komponen utama biodiesel. Dalam reaksi transesterifikasi menggunakan sodium metoksid, trigliserida dari minyak bereaksi dengan metanol untuk membentuk metil ester. Terlihat adanya kenaikan grafik dari menit ke 15 hingga 25 menunjukkan bahwa proses transesterifikasi telah berhasil mengubah trigliserida menjadi metil ester.

ID#	Name	R Time	m/z	Area	Height	Conc. Conc.Utr
1	9-Octadecenoic acid, methyl ester (E)- (CAS)	23.548	55.00	7774403	1734955	3.300 %
2	17-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) ME	23.838	74.00	27181023	8090504	11.538 %
3	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS)	24.166	55.00	13997089	3402217	3.942 %
4	7-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) ME1	24.289	55.00	15774779	1899938	6.696 %
5	9-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) ME1	24.500	55.00	4286990	679071	1.820 %
6	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	24.650	55.00	5718086	1427653	2.424 %
7	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	24.840	55.00	4925302	1368425	2.091 %
8	METHYL 9,9-DIDEUTERO-OCTADECANOATE	24.875	55.00	5042837	1712000	2.141 %
9	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS)	24.943	55.00	10064406	2488668	4.281 %
10	9-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) ME1	24.943	55.00	9758237	2419461	4.142 %
11	6-Octadecenoic acid, methyl ester (Z)-	25.276	55.00	9297254	1781450	3.947 %
12	6-Octadecenoic acid, methyl ester (Z)-	25.882	41.00	23415851	3656927	9.940 %
13	6-Octadecenoic acid, methyl ester (Z)- (CAS)	25.882	41.00	23415851	3656927	9.940 %
14	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS)	25.970	41.00	16278683	3714454	6.910 %
15	7-Octadecenoic acid, methyl ester	26.148	55.00	58636627	7871072	24.890 %

Gambar 7. Tabel kandungan metil ester pada biodiesel pelarut sodium metoksid

Hasil GC-MS menunjukkan dominasi senyawa metil ester, persentase total metil ester pada sampel M50 terdeteksi sangat tinggi yaitu 97,895% menunjukkan bahwa reaksi transesterifikasi berlangsung lebih sempurna. Tingginya kandungan metil ester ini sejalan dengan hasil pengujian sebelumnya [35] yang menunjukkan nilai FFA, angka asam, dan kadar air yang rendah, sehingga pembentukan metil ester tidak terganggu oleh reaksi samping. Berdasarkan hasil GC-MS, sampel M50 (sodium metoksid) menunjukkan kandungan metil ester yang memenuhi persyaratan SNI,

ditandai dengan dominasi puncak FAME dan minimnya senyawa non-ester. Hasil uji *GC-MS* menegaskan bahwa penggunaan pelarut sodium metoksida menghasilkan biodiesel dengan komposisi metil ester yang lebih dominan dan stabil, yang mendukung hasil pengujian fisikokimia sebelumnya. Hal ini memperkuat kesimpulan bahwa waktu transesterifikasi 90 menit dengan sodium metoksida merupakan kondisi optimum dalam menghasilkan biodiesel berbasis minyak jelantah yang berkualitas dan memenuhi standar mutu biodiesel nasional.

VII. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian sifat fisikokimia biodiesel dari minyak bekas penggorengan ayam, penelitian ini membuktikan bahwa pemilihan jenis pelarut dan waktu transesterifikasi berpengaruh nyata terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan. Proses mikrofiltrasi menggunakan kertas saring Whatman No. 42 efektif dalam memperbaiki kualitas minyak melalui penurunan densitas, viskositas, asam lemak bebas dan angka asam. Hasil transesterifikasi menunjukkan bahwa pelarut sodium metoksida menunjukkan keunggulan dibandingkan pelarut sodium etoksida, khususnya pada waktu 90 menit yang menghasilkan biodiesel dengan sifat fisikokimia yang optimal dan kandungan metil ester sebesar 97,895% sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 7182:2015). Dengan demikian, penelitian ini menekankan bahwa pemilihan pelarut dan waktu reaksi yang tepat merupakan faktor dalam menghasilkan biodiesel dengan kualitas sesuai SNI, sekaligus mendukung pemanfaatan limbah minyak bekas sebagai sumber energi terbarukan yang berkelanjutan.

10

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pendanaan Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (BIMA) Tahun 2025 yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk terlibat dalam kegiatan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada seluruh Civitas Akademika Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungan, fasilitas, serta bimbingan yang diberikan sehingga kegiatan penelitian, pengambilan data, penyusunan laporan, hingga penyelesaian artikel ini dapat terlaksana dengan lancar dan baik. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membersamai, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, serta doa yang diberikan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan optimal.

Skripsi Fitriyah Nur Indahsari.pdf

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

7%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	archive.umsida.ac.id Internet Source	1%
2	ojs.unud.ac.id Internet Source	1%
3	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
4	ejournal.forda-mof.org Internet Source	<1%
5	eprints.ipdn.ac.id Internet Source	<1%
6	text-id.123dok.com Internet Source	<1%
7	Dian Ramadhani Putri, Muh. Irwan, Mardhiyah Nadir. "PENGARUH JENIS KATALIS PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH", Dalton : Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia, 2024 Publication	<1%
8	Muhammad Yanuar Setia Putra, Fiska Yohana Purwaningtyas. "Biodiesel Production Process using Sugar Cane Bagasse Adsorbent with Time Variations", Formosa Journal of Applied Sciences, 2025 Publication	<1%
9	Anisa Rosida, Kelvin Andre Saputra, Laila Maghfiroh. "OPTIMASI BIO-SLURRY PADAT PADA PERTUMBUHAN TANAMAN SAWIHIJAU	<1%

(Brassica juncea L.) DI LAHAN MARGINAL",
AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian,
2023

Publication

-
- 10** [pdffox.com](#)
Internet Source <1 %
-
- 11** Nurdianti Awaliyah. "PEMBUATAN BODIESEL DARI MINYAK JELANTAH PADA MATA KULIAH TEKNOLOGI TEPAT GUNA BIDANG KIMIA", AR-RAZI Jurnal Ilmiah, 2021 <1 %
Publication
-
- 12** Debora Patty, Pamela Mercy Papilaya, R L Karuwal. "PENENTUAN KADAR ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK JELANTAH DENGAN PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN ALAMI KULIT PISANG RAJA (Musa sapientum)", BIOPENDIX: Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan, 2017 <1 %
Publication
-
- 13** Meiliasyari Wiliandani, Yebi Yuriandala, Fina Binazir Maziya. "Identifikasi timbulan minyak jelantah di daerah sekitar Universitas Jember (UNEJ)", Open Science and Technology, 2022 <1 %
Publication
-
- 14** Nisa Nurhidayanti. "Studi Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Iradiasi Microwave", Jurnal Tekno Insentif, 2019 <1 %
Publication
-
- 15** [js.bsn.go.id](#)
Internet Source <1 %
-
- 16** [www.scribd.com](#)
Internet Source <1 %
-
- 17** [docobook.com](#)
Internet Source <1 %
-

18	lppm.unram.ac.id Internet Source	<1%
19	123dok.com Internet Source	<1%
20	Nur Asma Deli, Antonius Jumadi Sihotang, Hanifah Khairiah. "Produksi Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Menggunakan Katalis Abu Tandan Kosong Sawit", Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2024 Publication	<1%
21	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1%
22	jtam.ulm.ac.id Internet Source	<1%
23	LaBarre, Jennifer L.. "Metabolomics: A Promising Tool to Improve the Understanding of the Developmental Origins of Obesity and Metabolic Disease", University of Michigan, 2020 Publication	<1%
24	isoi.or.id Internet Source	<1%
25	jurnal.polban.ac.id Internet Source	<1%
26	jurnalagrin.net Internet Source	<1%
27	media.neliti.com Internet Source	<1%
28	wanibesak.files.wordpress.com Internet Source	<1%
29	www.researchgate.net Internet Source	<1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 10 words

Exclude bibliography On