

Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Volume Minyak- Metanol Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Dengan Katalis dari Abu Sekam Padi Berbantuan Gelombang Mikro

Syarifuddin Oko*, Andri Kurniawan, Alwathan, Mustafa, Damianus Samosir,
Navita Wimatara

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda
Jl. Dr. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Lipan PO Box 1293 Indonesia
Email: syarifuddinoko@polnes.ac.id

Abstrak

Biodiesel merupakan sumber bahan bakar alternatif yang berpotensi sebagai pengganti minyak diesel dan disintesis dari minyak jelantah yang diperoleh dari minyak goreng kelapa sawit yang digunakan secara berulang-ulang. Minyak jelantah merupakan limbah yang dapat diolah menjadi bahan bakar diesel dengan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan metanol. Aspek penting dalam pembuatan biodiesel adalah katalis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu reaksi dan rasio volume minyak : metanol terhadap hasil dan mutu biodiesel dari minyak jelantah yang mengacu pada SNI 7182:2024. Bahan yang digunakan adalah abu sekam padi, dimana kandungan kimia yang terdapat pada abu sekam padi yaitu SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan Na_2O selanjutnya diimpregnasi dengan KOH. Variasi rasio volume metanol terhadap minyak jelantah adalah 1:2,84, 1:2,06, dan 1:1,62. Transesterifikasi dilakukan dengan variasi waktu terdiri dari 5, 6, 7, 8, dan 9 menit dengan daya microwave sebesar 600 watt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi terbaik pada sintesis biodiesel adalah pada rasio volume 1:2,84 dengan waktu 8 menit. Produksi biodiesel menghasilkan metil ester sebesar 76,71% dengan viskositas 2,84 cSt, densitas 0,8998 g/ml, bilangan asam 0,27 mg KOH/g, kadar air 0,04%, dan rendemen 77,86%. Namun, pada analisa kadar metil ester dan densitas belum memenuhi SNI 7182:2024.

Kata kunci : Abu Sekam Padi, Bahan Bakar, Biodiesel, Daya Mikrowave

Abstract

Effect of Reaction Time and Volume Ratio on the Production of Biodiesel from Used Cooking Oil with Catalyst from Microwave-Assisted Rice Husk Ash

Biodiesel is an alternative fuel source with strong potential to replace diesel fuel and is synthesized from used cooking oil derived from palm oil that has been repeatedly used. Used cooking oil is a waste material that can be processed into diesel fuel through esterification and transesterification reactions using methanol. An important aspect in biodiesel production is the catalyst. The purpose of this study is to determine the effect of reaction time and the oil-to-methanol volume ratio on the yield and quality of biodiesel from used cooking oil, referring to SNI 7182:2024 standards. The material used is rice husk ash, which contains chemical components such as SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , and Na_2O , and is subsequently impregnated with KOH. The variations in the methanol-to-oil volume ratio are 1:2.84, 1:2.06, and 1:1.62. The transesterification process is carried out with reaction time variations of 5, 6, 7, 8, and 9 minutes using microwave power of 600 watts. The results show that the best condition for biodiesel synthesis is at a volume ratio of 1:2.84 with a reaction time of 8 minutes. Biodiesel production yields a methyl ester content of 76.71%, viscosity of 2.84 cSt, density of 0.8998 g/mL, acid value of 0.27 mg KOH/g, water content of 0.04%, and yield of 77.86%. However, the methyl ester content and density do not yet meet the SNI 7182:2024 standards.

Keywords: Rice Husk Ash, Fuel, Biodiesel, Microwave Power

PENDAHULUAN

Minyak jelantah atau minyak goreng bekas merupakan minyak yang berasal dari minyak kelapa sawit atau minyak kopra, minyak zaitun yang biasanya digunakan untuk penggorengan bahan makanan. Menurut Badan Pusat Statistik (Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur, 2023) yaitu tentang jumlah konsumsi minyak goreng pada tahun 2025 di propinsi Kalimantan Timur sebanyak 455 ton per bulan (546.000 liter). Pemakaian minyak goreng dapat menghasilkan minyak jelantah yang banyak pula, sehingga mengakibatkan berbagai penyakit mematikan (Siwi et al., 2021; Gusti & Surtikanti, 2024; Rahayu et al., 2025), oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengolah minyak jelantah agar dapat menjadi sesuatu yang bermanfaat salah satunya biodiesel.

Komposisi terbesar yang terdapat pada minyak jelantah ada kandungan trigliserida yaitu 85,59% dan sisanya 9,34% berupa air, asam lemak bebas, dan zat pengotor (Utami, 2016; Sumarlin et al., 2009; Adhani et al., 2016; Pebriyanti & Azzahrah, 2024). Kandungan trigliserida pada minyak jelantah dapat diubah menjadi biodiesel melalui proses reaksi transesterifikasi yang melibatkan alkohol dengan bantuan katalis (Heryani, 2019; Hadrah et al., 2018; Budiman, 2023). Alkohol yang biasa digunakan adalah metanol dan katalis yang digunakan dapat berupa katalis homogen dan heterogen (Widi, 2018; Budiman, 2023; Fadhillah & Sari, 2023).

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif pengganti minyak diesel yang diproduksi dari minyak nabati dan minyak hewani. Biodiesel juga dapat mengurangi emisi berupa Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), dan Particulate Matter (PM) yang dihasilkan oleh mesin diesel sehingga ramah lingkungan (Devita et al., 2015; Havendri, 2008; Sa'diyah et al., 2025). Minyak jelantah merupakan salah satu produk dari minyak nabati yang memiliki nilai ekonomis yang rendah dan cenderung dibuang sehingga dapat mencemari lingkungan sekitarnya, dengan adanya kemajuan teknologi sintesis maka minyak jelantah tersebut dapat diubah menjadi biodiesel sehingga memiliki nilai jual sebagai bahan bakar pengganti solar yang ramah lingkungan (Suwarso, et al., 2008). Oleh karena itu, perlu dikembangkan pembuatan biodiesel dengan reaksi transesterifikasi menggunakan campuran metanol dan katalis khususnya katalis heterogen. Metanol lebih cenderung digunakan dalam pembuatan biodiesel hal ini akan meningkatkan hasil biodiesel (yield tinggi), mempercepat reaksi, menghasilkan metil ester yang sesuai standar, mudah bercampur dengan katalis, ekonomis dan efisien secara industry. Sedangkan penggunaan katalis heterogen karena mudah dipisahkan sehingga lebih ramah lingkungan.

Penelitian tentang pemanfaatan silika sekam padi sebagai katalis padat dalam pembuatan biodiesel yang telah dilakukan oleh (Banurea et al., 2021; Hasibuan, 2024) yang bertujuan untuk mengetahui aktivitas katalitik silika dari sekam padi yang dihasilkan melalui impregnasi dengan berbagai temperatur kalsinasi dan jumlah dalam proses transesterifikasi untuk pembuatan biodiesel, dengan memvariasikan silika sekam padi yang telah di impregnasi menggunakan KOH 1 N pada suhu 200°C, 300°C, 400°C, dan 500 °C. Hasil penelitian menunjukkan derajat kristalinitas katalis mula-mula meningkat dan menghasilkan luas permukaan katalis tertinggi 7,21 m² pada suhu kalsinasi 300°C. Biodiesel yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi dengan katalis dari silika sekam padi yang terimpregnasi KOH 1 N dengan suhu kalsinasi 300°C menghasilkan metil ester tertinggi yaitu 94,34%, bilangan asam 0,09 mg KOH/g, total gliserol 0,57%, bilangan penyabunan 186,76%, gliserol bebas 0,01%, dan kadar air 650,55%. Hasil tersebut telah memenuhi SNI 7182:2014 kecuali pada metil ester dan gliserol bebas.

Sedangkan dari penelitian (Harinda & Hidayati, 2019) dilakukan aplikasi katalis menggunakan Fly Ash yang diimpregnasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rendemen biodiesel yang didapatkan melalui metode reaksi transesterifikasi dengan bantuan iradiasi gelombang mikro menggunakan katalis Na₂O/Fly Ash. Transesterifikasi biodiesel dilakukan dengan cara memanaskan minyak jelantah sebanyak 20 gram hingga mencapai suhu 60°C. Setelah mencapai suhu 60°C kemudian mencampurkan minyak jelantah dengan metanol 1:10 dan katalis Na₂O/Fly Ash 4%. Proses transesterifikasi dengan iradiasi microwave dilakukan dengan daya yang bervariasi. Variasi daya yang digunakan sebesar 500,552, dan 691 watt dengan waktu 4 menit. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk membuat biodiesel dengan reaksi transesterifikasi menggunakan bantuan gelombang mikro jauh lebih singkat disbanding menggunakan metode konvensional. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu, pada daya 500 watt rendemen biodiesel yang dihasilkan sebanyak 82,73%, pada daya 691 terjadi penurunan rendemen biodiesel yang signifikan

menjadi 26,28 %. Hasil biodiesel maksimum terjadi pada daya 552 watt dengan rendemen biodiesel yang dihasilkan sebesar 87,56%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, terkait pemanfaatan abu sekam padi dan *fly ash* yang di impregnasi menggunakan KOH dan NaOH dalam pembuatan biodiesel. Pemanfaatan abu sekam dan fly ash sebagai katalis heterogen hal ini disebabkan karena kedua material tersebut mengandung senyawa oksida (SiO_2 , CaO , K_2O dan Na_2O) yang berpotensi dijadikan katalis meskipun dalam jumlah kecil sehingga perlu di impregnasi dengan basa untuk meningkatkan aktivitas katalitik. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan sintesis biodiesel dengan memanfaatkan abu sekam padi yang terimpregnasi KOH sebagai katalis heterogen dengan memvariasikan waktu reaksi dan rasio volume minyak terhadap metanol yang digunakan untuk mendapatkan hasil waktu optimum dan hasil yang diharapkan dapat sesuai standar SNI 7182:2024.

METODOLOGI

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah instrumen XRD, oven, neraca analitik, desikator, *furnace*, *hotplate*, *magnetik stirrer*, labu ukur, batang pengaduk, gelas ukur, Erlenmeyer, corong pisah, cawan petri, buret, pipet tetes, bulp, statif, piknometer, tray, corong, pipet ukur, gelas kimia, cawan porselen, lumpang alu, *water bath*, labu alas bulat, termometer, klem, dan kondensor. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sekam padi, KOH 1N, HCl 3,65%, minyak jelantah, etanol p.a, kertas saring, KOH 0,1N, Aluminium Foil, Etanol 95%, indikator pp, metanol teknis.

Sekam padi dibersihkan dengan air dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 3 hari. Sekam padi yang telah dikeringkan dimasukkan kedalam *furnace* dengan temperatur 750°C selama 3 jam hingga menjadi abu. Abu sekam padi dan larutan KOH 5% dicampurkan dengan rasio 1:5. Abu sekam padi (SiO_2 , K_2O dan Na_2O) di ekstraksi dengan proses hidrotermal pada temperatur 110°C selama 30 menit. Larutan kemudian disaring dan ditambahkan HCl 3,65% berfungsi untuk proses pelarutan dan pengendapan silika berjalan optimal. Produk yang terbentuk dibiarkan sampai terbentuk endapan selama 12 jam dan dicuci sebanyak 5 kali untuk menghilangkan HCl nya. Produk yang dihasilkan dikeringkan pada 60°C selama 20 jam dan di impregnasi dengan KOH 1 N dengan rasio 1:10. Setelah itu di panaskan pada temperatur 100°C selama 1 jam kemudian di kalsinasi pada temperatur 300°C selama 3 jam. Katalis dikarakterisasi menggunakan x-ray diffraction bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang terdapat pada katalis tersebut.

Mempersiapkan minyak jelantah dan analisis minyak jelantah, seperti kadar air, densitas pada 40°C , viskositas kinematik pada 40°C , kadar Free Fatty Acid (FFA), dan bilangan asam. Selanjutnya dilakukan reaksi transesterifikasi dengan ditambahkan sebanyak 50 mL minyak jelantah sampai temperatur 60°C , setelah itu campurkan dengan 142 mL (1:2,84) lalu ditambahkan katalis $\text{SiO}_2/\text{KAlSiO}_4/\text{Ca}_3\text{SiO}_5/\text{MgO}$ 5%. Perlakuan yang sama dilakukan untuk volume minyak jelantah yang berbeda yaitu 103 mL (1:2,06) dan 81 mL (1:1,62), kemudian campuran tersebut diaduk secara merata dan direaksikan didalam microwave dengan daya 600 watt dengan variasi waktu 5,6, 7, 8, 9 menit. Produk hasil transesterifikasi disimpan selama 24 jam didalam corong pisah, dimana bagian paling bawah adalah katalisnya. Selanjutnya disaring untuk memisahkan katalis, biodiesel dan gliserol menggunakan corong yang sudah dilapisi kertas saring. Produk biodiesel yang diperoleh kemudian dicuci menggunakan akuades yang telah dipanaskan pada temperatur 80°C dan pencucian dilakukan sampai pH netral. Selanjutnya dipisahkan biodiesel dan akuades dari dalam corong pisah. Lapisan atas biodiesel dan lapisan bawah akuades. Produk biodiesel yang diperoleh dipanaskan pada suhu $\pm 100^\circ\text{C}$ bertujuan untuk menguapkan akuades sisa aquades. Selanjutnya dianalisis produk biodiesel seperti rendemen, viskositas, densitas, bilangan asam, dan kadar air serta kadar metil ester nya dengan GC-MS. Metanol perbandingan rasio volume terhadap minyak jelantah yaitu 1:2,84, 1:2,06, 1:1,62

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis $\text{SiO}_2/\text{KAlSiO}_4/\text{Ca}_3\text{SiO}_5/\text{MgO}$. Dimulai dari proses preparasi sekam padi, selanjutnya sekam padi difurnace pada temperatur 750°C selama 3 jam dan dilanjutkan impregnasi dengan KOH 1N (Kusyanto & Hasmara, 2017). Katalis yang diperoleh dianalisis menggunakan XRD. Berdasarkan hasil pengujian XRD, dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil pengujian XRD menunjukkan bahwa ada beberapa senyawa yang terdapat pada katalis antara lain SiO_2 pada $2\theta=26,6^\circ$ sebagai puncak paling dominan, KAlSiO_4 pada $2\theta=20-35^\circ$, Ca_3SiO_5 pada $2\theta=24-34^\circ$ dan MgO pada $2\theta=42^\circ$ dan 62° .

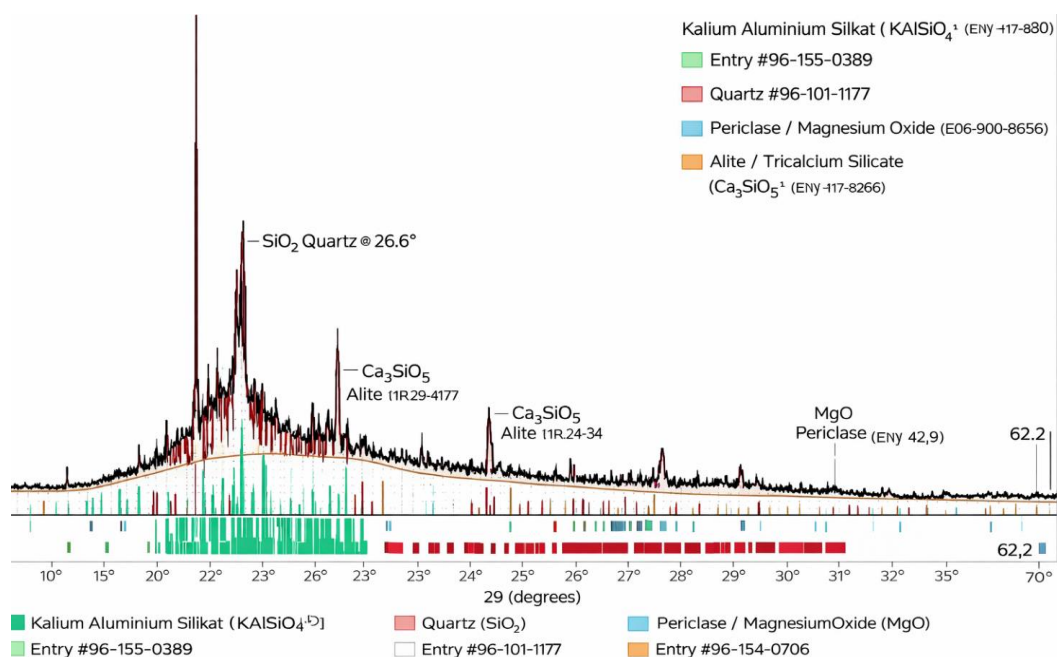
Karakteristik Minyak Jelantah

Tahap pertama yang harus dilakukan dalam pembuatan biodiesel adalah dengan preparasi bahan baku minyak jelantah. Kemudian minyak jelantah dianalisa kadar asam lemak bebasnya dan didapatkan hasil sebesar 0,9560 %. Hal ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi dapat langsung dilakukan tanpa melalui proses esterifikasi terlebih dahulu karena syarat reaksi transesterifikasi adalah asam lemak bebasnya tidak melebihi dari 1% (Elma *et al.*, 2018).

Kemudian analisa viskositas pada minyak jelantah yang dihasilkan sebesar 13,6235 cSt. Tingginya viskositas dipengaruhi oleh adanya pemanasan secara berulang-ulang pada saat menggoreng, minyak akan bereaksi dengan oksigen membentuk suatu senyawa peroksida, aldehida maupun keton dalam bentuk senyawa yang kompleks sehingga menyebabkan viscositas akan meningkat. Minyak yang mengalami proses pemanasan berulang akan menyebabkan polimerisasi dan minyak dapat mengalami proses hidrolisis menjadi asam lemak bebas (Choe & Min, 2007). Oleh karena itu, perlu dilakukan proses transesterifikasi yang bertujuan untuk mengubah asam lemak bebas dan trigliserida untuk menjadi biodiesel (metil ester) dan gliserol sehingga viscositas akan turun.

Pada analisa densitas minyak jelantah didapatkan hasil sebesar 0.9256 g/ml. Densitas yang didapatkan cukup tinggi karena masih adanya zat pengotor pada minyak jelantah berupa partikel zat padat hasil sisa penggorengan dalam bentuk protein, karbohidrat dan remah gorengan serta adanya logam yang berasal dari wadah penggorengan (Mujadin, Jumianto and Puspitasari, 2014; Hakim, Wrasati and Arnata, 2021). Semakin banyaknya pengotor pada minyak jelantah maka hasil densitas yang dihasilkan semakin tinggi pula. Sehingga perlu penyaringan terlebih dahulu sebelum dilakukan proses transesterifikasi.

Selanjutnya tahap transesterifikasi yang dimana pada penelitian ini trigliserida pada minyak jelantah akan dilanjutkan proses transesterifikasi dengan variasi waktu 5, 6, 7, 8, dan 9 menit yang menggunakan daya microwave sebesar 600 watt dengan campuran perbandingan rasio volume sebanyak 1:2,84, 1:2,06, 1:1,62 dan ditambahkan katalis $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ sebanyak 1,24 gram. Biodiesel yang diperoleh dianalisa densitas, viskositas kinematik, kadar air, bilangan asam, rendemen, dan kadar metil ester.



Gambar 1. Grafik Uji XRD

Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Volume Minyak Jelantah Terhadap Metanol pada Rendemen Biodiesel

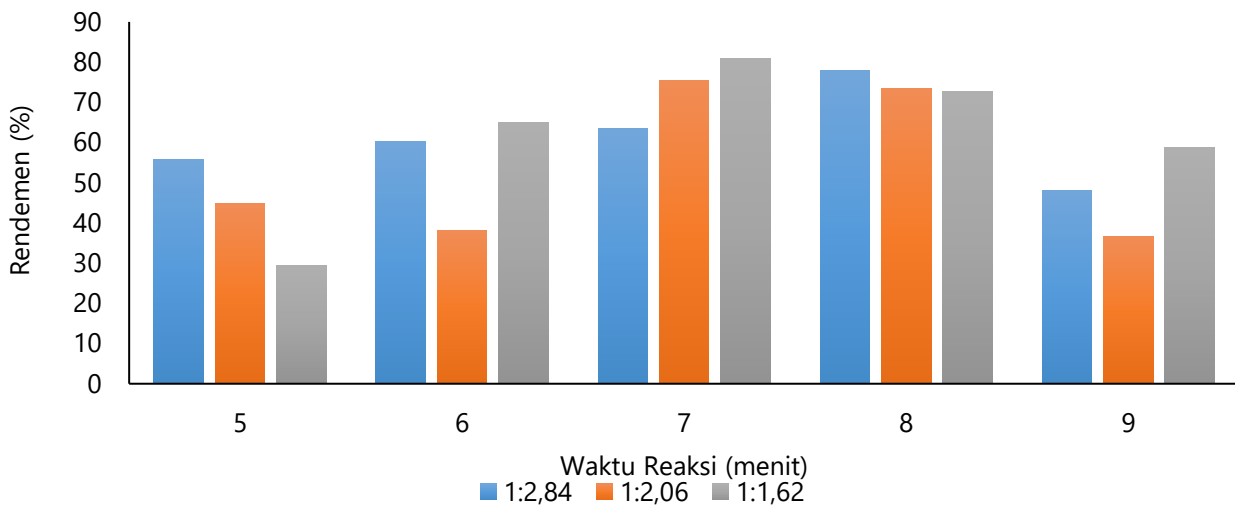
Variasi waktu reaksi transesterifikasi yaitu 5, 6, 7, 8, dan 9 menit dan variasi rasio volume yaitu 1:2,84, 1:2,06, dan 1:1,62 pada reaksi transesterifikasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa rendemen dipengaruhi oleh waktu reaksi dan rasio volume. Grafik hubungan antara rasio volume dan waktu reaksi terhadap rendemen dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil rendemen tertinggi pada rasio volume 1:1,62 dan waktu reaksi 7 menit dengan rendemen sebesar 80,90 %. Hal ini disebabkan oleh karena pada waktu 7 menit reaksi transesterifikasi pada trigliserida dan metanol dengan bantuan katalis $\text{SiO}_2/\text{KAlSiO}_4/\text{Ca}_3\text{SiO}_5/\text{MgO}$ mencapai kondisi optimum, di mana sisi aktif pada permukaan katalis dapat bekerja secara efektif dalam mengaktivasi metanol menjadi metoksida dan mempercepat konversi trigliserida menjadi metil ester. Pemanasan berbantuan microwave dengan daya 600 W meningkatkan kinerja katalis heterogen melalui pemanasan volumetrik yang merata, sehingga mempercepat difusi reaktan ke permukaan katalis. Semakin kecil rasio volume, maka persen rendemen yang dihasilkan semakin besar pula. Hal ini terjadi karena penggunaan jumlah minyak yang semakin rendah dan mengakibatkan metanol berlebih sehingga menyebabkan terbentuknya biodiesel yang tinggi, secara prinsip kesetimbangan kimia bahwa memperbesar konsentrasi salah satu pereaksi dalam hal ini metanol maka akan mengakibatkan pergeseran kesetimbangan ke arah produk dalam hal ini metil ester. Pada variasi perbandingan rasio volume 1:1,62 waktu 8 menit dan 9 menit mengalami penurunan dikarenakan sistem reaksi telah mencapai kondisi kesetimbangan akibat sifat reaksi transesterifikasi yang reversibel, sehingga penambahan waktu reaksi tidak lagi meningkatkan konversi metil ester. Selain itu, pada waktu reaksi tersebut kinerja katalis cenderung menurun akibat penutupan sebagian sisi aktif oleh gliserol atau produk reaksi yang teradsorpsi pada permukaan katalis, yang menghambat akses reaktan. Penurunan rendemen juga disebabkan oleh pengaruh waktu reaksi transesterifikasi yang terlalu lama sehingga mengakibatkan terjadinya hidrolisis ester menjadi asam lemak bebas dan metanol, sedangkan asam lemak bebas bereaksi kembali dengan katalis sehingga membentuk sabun (saponifikasi). Pembentukan sabun dapat menghambat proses konversi biodiesel menjadi metil ester.

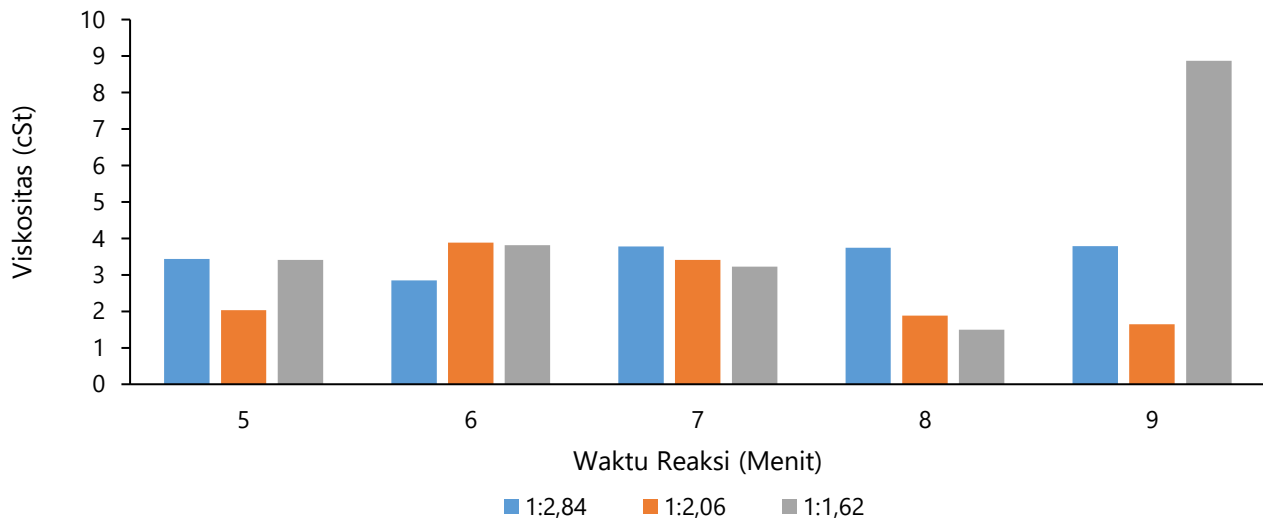
Berdasarkan pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai viskositas hampir semuanya telah memenuhi SNI rasio SNI 7182:2014 kecuali pada waktu 5 menit dengan rasio perbandingan minyak terhadap metanol 1: 2,84 dengan viscositas 2,03 cSt, pada waktu 8 menit dengan rasio 1:2,06 ; 1 : 1,62 masing-masing 1,88 cSt dan 1,49 cSt serta 9 menit dengan rasio 1 : 2,06 sebesar 1,61 cSt dimana nilai viscositas tersebut dibawah standar SNI 7182:2024 hal ini disebabkan karena masih adanya sisa metanol dan rendahnya kadar metil ester yang diperoleh yaitu sebesar 76,71% masih jauh dari standar SNI 7182:2024 yakni sebesar 96,5. Sedangkan pada waktu 9 menit dengan rasio 1 : 1,62 nilai viscositasnya 8,87 cSt di atas standar SNI 7182:2024 hal ini disebabkan oleh belum sempurnanya proses transesterifikasi dari trigliserida menjadi metil ester serta masih adanya gliserol yang terikat bebas pada metil ester (biodiesel).

Data yang terdapat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil densitas pada rasio volume minyak terhadap metano pada 1 : 1,62 dengan waktu 5, 6, dan 8 menit telah memenuhi SNI akan tetapi pada rasio volume pada variasi 1:2,84 dan 1:2,06 dengan waktu 5, 6, 8, 9 menit mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena pada reaksi pembuatan biodiesel dapat terjadi reaksi samping berupa gliserol dan sabun yang terbentuk melalui reaksi saponifikasi. Selain itu, pada tahap pemurnian yang kurang baik juga dapat menyebabkan densitas yang tinggi karena masih terdapatnya sisa-sisa pengotor pada biodiesel yang dihasilkan.

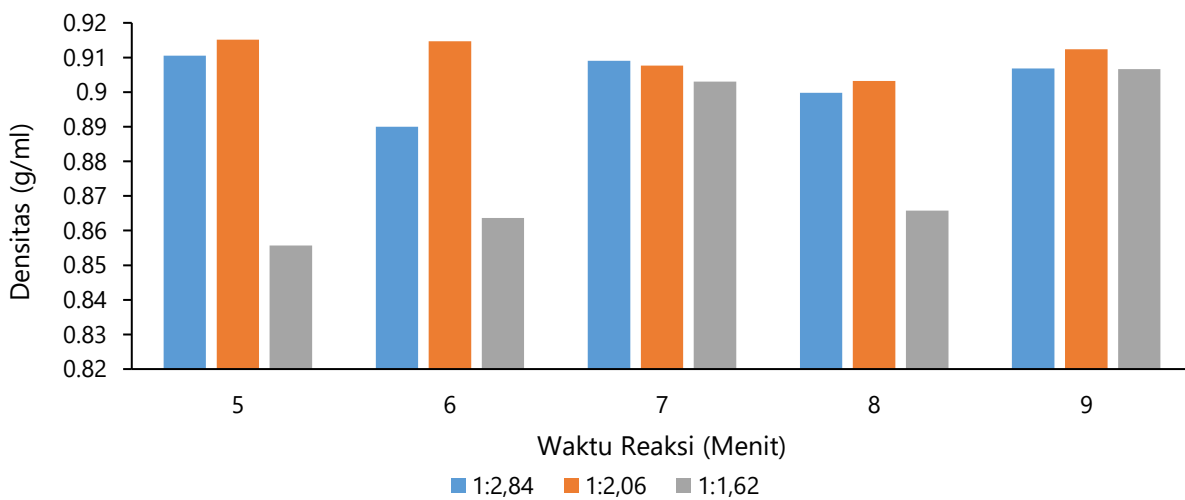
Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung dalam biodiesel dimana kandungan air ini berpengaruh pada nilai bakar. Hasil penentuan kadar air dapat dilihat pada Gambar 5 diatas pada rasio volume minyak terhadap metanol dengan waktu reaksi. Kadar air yang telah memenuhi SNI adalah biodiesel dengan variasi rasio volume 1:2,84 dengan waktu 8 menit, 1:2,06 dengan waktu 7 menit dan 8 menit, 1:1,62 dengan waktu 5 menit, 6 menit, dan 8 menit. Pada rasio volume 1:2,84 menghasilkan 0,0447%, rasio volume 1:2,06 menghasilkan 0,0412% dan 0,0299%, rasio volume 1:1,62 menghasilkan 0,0444%, 0,0380%, dan 0,0392%. Namun, kadar air pada variasi lainnya ada yang belum memenuhi SNI 7182:2024 hal ini disebabkan dalam proses pencucian belum sempurna, proses *drying* belum optimal dan juga sifat dari biodiesel hidroskofis.



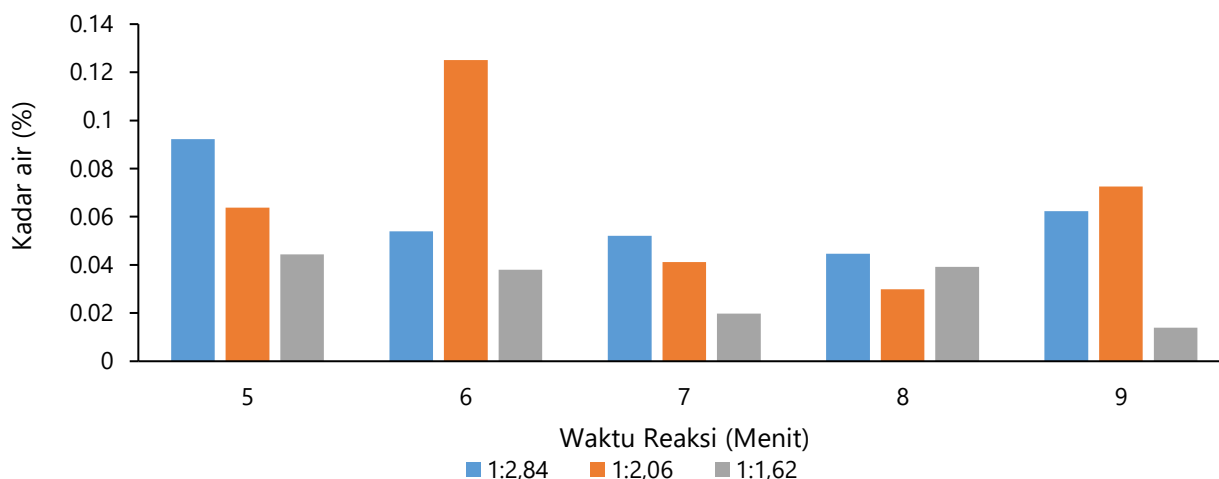
Gambar 2. Hubungan antara waktu reaksi dan rasio volume minyak jelantah terhadap metanol pada rendemen



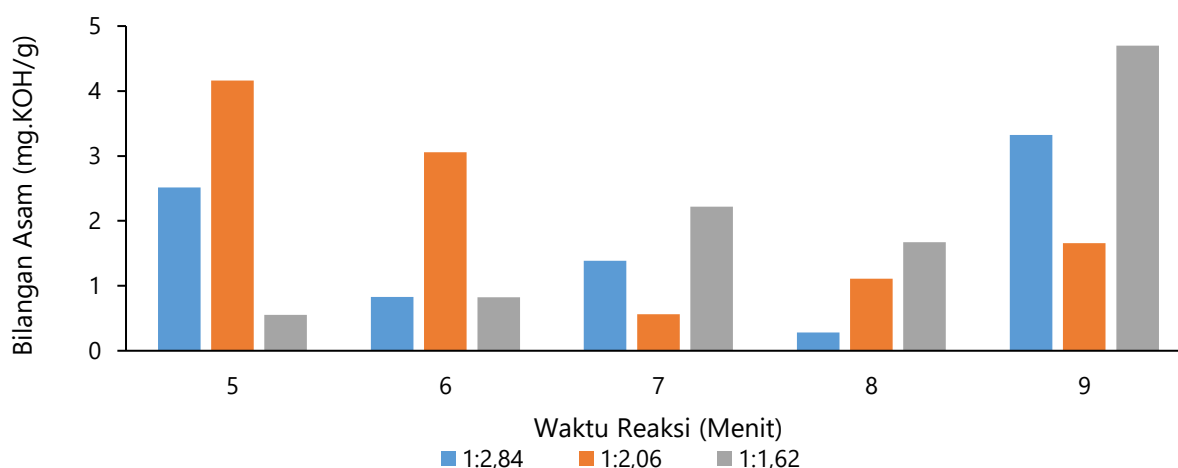
Gambar 3. Hubungan antara waktu reaksi dan rasio volume terhadap viskositas



Gambar 4. Hubungan antara waktu reaksi dan rasio volume minyak terhadap metanol pada densitas



Gambar 5. Hubungan antara waktu reaksi dan rasio volume terhadap kadar air



Gambar 6. Hubungan antara waktu reaksi dan rasio volume terhadap bilangan asam

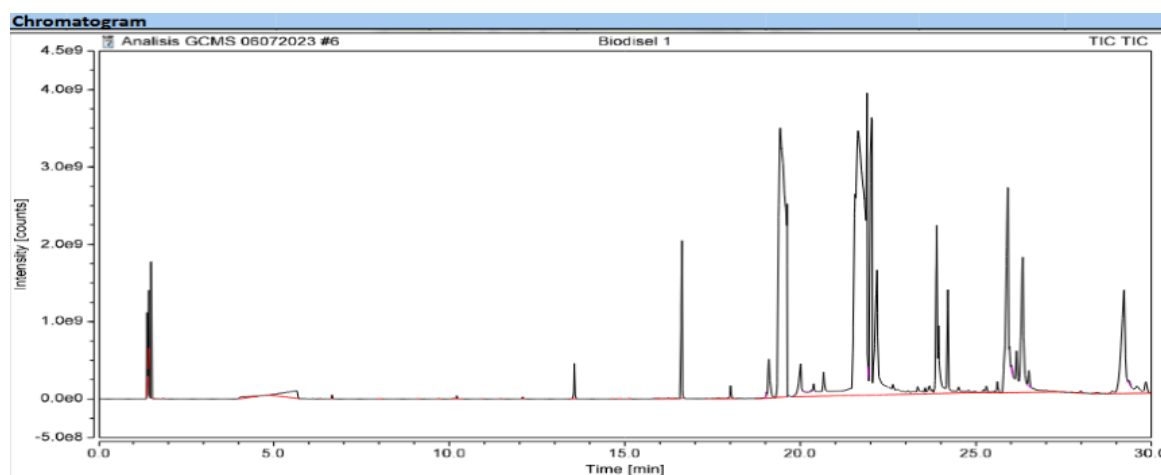
Pada parameter uji bilangan asam merupakan salah satu indikator mutu pada biodiesel. Bilangan asam merupakan ukuran dari asam lemak bebas, dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak. Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai bilangan asam berbanding lurus dengan yang didapatkan yaitu tingginya bilangan asam merupakan indikator biodiesel yang masih mengandung kadar asam lemak bebas yang bersifat korosif dan dapat mengakibatkan kerak pada injektor pada mesin diesel. Nilai bilangan asam yang telah memenuhi SNI adalah biodiesel dengan variasi rasio volume 1:2,84 dengan waktu 8 menit yaitu 0,2793 mg-KOH/g. Batas nilai maksimum bilangan asam pada biodiesel menurut SNI 7182:2024 adalah 0,5 mg-KOH/g.

Uji Analisa GC-MS

Analisis kandungan metil ester yang ada pada sampel biodiesel dilakukan untuk mengetahui berapa persen kandungan asam lemak yang terkonversi menjadi metil ester dengan hasil terbaik dari beberapa variasi rasio volume minyak:metanol dan waktu reaksi. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan alat gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). Berikut adalah puncak spektra yang menunjukkan jenis metil ester secara spesifik yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 1. Kandungan Metil Ester Berdasarkan Analisis GC-MS

No	Waktu Retensi	Nama Senyawa	Relative Area (%)
1	32	Metil Ester, Octanoid acid	0,03
2	37	Metil Ester, Decanoic acid	0,03
5	41	Metil Ester, Nonanoic acid	0,02
6	43	Metil Ester, Dodecanoic acid	0,36
11	53	Metil Ester, Tridecanoic acid	1,91
16	59	Metil Ester, Pentadecanoic acid	0,12
17	62-72	Metil Ester, Hexadecadienoic acid	30,86
30	56,92-104,116,120,130,135,137, 141-147,151-156,160-191	Metil Ester, Octadecadienoic acid	41,54
48	131	Metil Ester, Oxiraneoctanoic acid	0,12
49	134	Metil Ester, Eicosenoic acid	1,41
100	192	Metil Ester, Tetracosanoic acid	0,31
Total			76,71

**Gambar 7.** Analisa GC-MS biodiesel yang dihasilkan

Gambar 7 menunjukkan bahwa biodiesel pada perbandingan rasio volume 1:2,84 dengan waktu 8 menit terdapatnya beberapa peak yang terdeteksi. Namun, hanya ada 5 peak yang memperlihatkan kandungan tertinggi metil ester dalam spektrometer massa, yaitu pada peak 66, 92, 94, 105, dan 160 dengan total kadar metil ester sebesar 76,71%. Berdasarkan tabel 1 kadar metil ester belum memenuhi standar minimal SNI yang telah ditentukan pada hasil biodiesel yaitu sebesar 96,5%. Hal ini disebabkan pada saat proses transesterifikasi hasil konversi trigliserida dari minyak jelantah menjadi biodiesel tidak berjalan secara sempurna. Hal ini dipengaruhi oleh rasio metanol yang tidak optimal, kadar asam lemak bebas dan air yang tinggi, serta kondisi operasi seperti suhu, waktu reaksi, dan konsentrasi katalis. Selain itu, proses pencampuran yang kurang efektif dan tahap pemurnian yang tidak optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada sintesis biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis $\text{SiO}_2/\text{KAlSiO}_4/\text{Ca}_3\text{SiO}_5/\text{MgO}$ dengan variasi rasio volume minyak terhadap metanol dan waktu reaksi transesterifikasi, diperoleh kondisi optimal sesuai SNI 7285:2024 adalah rasio volume 1:2,84 dengan waktu 8 menit, dengan parameter antara lain rendemen sebesar 77,86 %, metil ester sebesar 76,71 %, densitas sebesar 0,89 g/ml, Viskositas Kinematik 40°C sebesar 2,84 cSt, kadar air sebesar 0,04 % dan bilangan asam sebesar 0,27 mg KOH/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., & Oktaviana, C.O. 2016. Pembuatan biodiesel dengan cara adsorpsi dan transesterifikasi dari minyak goreng bekas. *Jurnal Kimia Valensi*, 2(1): 71–80.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur. 2023. *Rata-Rata Konsumsi Komoditi Minyak Per Kapita Seminggu di Provinsi Kalimantan Timur, 2018–2022*. Samarinda: Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur.
- Banurea, I.R., Setyawan, N., Yuliani, S., Herawati, H., & Hoerudin. 2021. Utilization of rice husk silica as solid catalyst in the transesterification process for biodiesel production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 739(1): 012083. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/739/1/012083>
- Budiman, A.A. 2023. Review artikel: Produksi biodiesel dari minyak goreng bekas dengan metode transesterifikasi menggunakan katalis. *UNESA Journal of Chemistry*, 12(2): 36–48.
- Choe, E., & Min, D.B. 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, 72(5): R77–R86. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>
- Devita, L., Penyuluhan, S.T., & Medan, P. 2015. Biodiesel sebagai bioenergi alternatif dan prospektif. *Agrica Ekstensi*, 9(2): 23–26.
- Elma, M., Suhendra, S.A., & Wahyuddin, W. 2018. Proses pembuatan biodiesel dari campuran minyak kelapa dan minyak jelantah. *Konversi*, 5(1): 8–17.
- Fadhillah, G.N., & Sari, D.A. 2023. Produksi biodiesel yang berbahan baku kelapa sawit dengan melibatkan katalis homogen dan heterogen. *Pena: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 37(2): 87–94.
- Gusti, U.A., & Surtikanti, H.K. 2024. Analisis limbah minyak jelantah hasil penggorengan pelaku UMKM di Kelurahan Gegerkalong Kota Bandung. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 8(3): 263–272.
- Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F.M. 2018. Analisis minyak jelantah sebagai bahan bakar biodiesel dengan proses transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1): 16–21.
- Hakim, R., Wrsiati, L.P., & Arnata, I.W. 2021. Karakteristik minyak jelantah hasil dari proses pemurnian dengan ampas tebu pada berbagai variasi suhu dan waktu pengadukan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(4): 427–438.
- Harinda, Z.T., & Hidayati, N. 2019. Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis Na_2O /fly ash menggunakan iradiasi gelombang mikro. Dalam: *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. Yogyakarta. hlm. 11–111.
- Hasibuan, N.S. 2024. Analisis variasi jumlah katalis CaO/SiO_2 dari limbah cangkang telur dan sekam padi terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah. *Journal Agro Industrial and Sustainability (AGIS)*, 1(2):1-8.
- Havendri, A. 2008. Kaji eksperimen perbandingan prestasi dan emisi gas buang motor bakar diesel menggunakan bahan bakar campuran solar dengan biodiesel CPO sawit, minyak jarak, dan minyak kelapa. Dalam: *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin VII*. hlm. 1–11.
- Heryani, H. 2019. *Teknologi Produksi Biodiesel*. Yogyakarta: Deepublish.
- Kusyanto, K., & Hasmara, P.A. 2017. Pemanfaatan abu sekam padi menjadi katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel dari minyak sawit. *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry*, 4(1): 14–21.
- Mujadin, A., Jumianto, S., & Puspitasari, R.L. 2014. Pengujian kualitas minyak goreng berulang menggunakan metoda viskositas dan perubahan fisis. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 2(4): 229–233.

- Pebriyanti, R., & Azzahrah, R. 2024. *Sintesis Biodiesel Berbahan Dasar Minyak Jelantah dengan Bantuan Fotokatalis CaO-ZnO/TiO₂*. Skripsi. Cilegon: Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Rahayu, F.Q.P., Primadi, N.W., Prastomo, I., & Hanifah, S.N. 2025. Pengolahan minyak jelantah guna mengurangi pencemaran lingkungan di Desa Jirapan. *Jurnal Al Basirah*, 5(1): 132–140.
- Sa'diyah, A., Aulatama, A.A., Shah, M., Mustaghfirin, M.A., Fairuza, M.N., & Haryono, E. 2025. Pengaruh rasio bahan bakar multi-feedstock biodiesel terhadap nilai emisi gas buang pada mesin diesel 4 langkah. *Jurnal Teknologi Maritim*, 8(1): 30–41.
- Siwi, S.H., Lianto, F., & Chin, J. 2021. Pemanfaatan limbah jelantah sebagai program pengembangan produk UMKM di wilayah kampung kota. *Jurnal Bakti Masyarakat Indonesia*, 4(2): 245–252.
- Sumarlin, L.O., Mukmillah, L., & Istianah, R. 2009. Analisis mutu minyak jelantah hasil peremajaan menggunakan tanah diatomit alami dan terkalsinasi. *Jurnal Kimia Valensi*, 1(4): 171-180. <https://doi.org/10.15408/jkv.v1i4.246>
- Suwarso, W.P., Gani, I.Y., & Kusyanto, K. 2008. Sintesis biodiesel dari minyak biji ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) yang berasal dari tumbuhan di Kampus UI Depok. *Jurnal Kimia Valensi*, 1(2): 78–84.
- Utami, S.P. 2016. *Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Katalis*. Skripsi. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Widi, R.K. 2018. *Pemanfaatan Material Anorganik: Pengenalan dan Beberapa Inovasi di Bidang Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish.