

PEMURNIAN BIODIESEL MENGGUNAKAN BENTONITE DENGAN KOLOM ADSORPSI : PENGARUH JUMLAH DAN MESH BENTONITE SERTA WAKTU TINGGAL

Jannah*, Mustain Zamhari, Martha Aznury

Politeknik Negeri Sriwijaya

E-mail: jannahfirdaus2002@gmail.com

Abstract

Diesel engine fuel made from plant and animal lipids is called biodiesel. Esterification and transesterification reactions can be used to produce biodiesel. This research aims to find out the potential of acid-activated bentonite as an adsorbent in biodiesel purification to absorb contaminants that are still present in biodiesel such as glycerol, reaction residues and catalysts produced during the transesterification reaction which affect the quality of biodiesel. The results showed that the best adsorbent variation was bentonite 60 g mesh size 325 with a residence time of 50 minutes which could reduce the density number by 0.88%, viscosity 9.7%, and acid number 64% so as to produce biodiesel with viscosity characteristics of 5.63 cSt, density of 0.8545 g/ml, and acid number of 0.05 mg-KOH/g where all parameters met the SNI 04-7182-2015 standard.

Keywords: Biodiesel; Adsorption; Column; Adsorben; Bentonite

Abstrak

Bahan bakar mesin diesel yang dibuat dari lipid tumbuhan dan hewan disebut biodiesel. Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dapat digunakan untuk menghasilkan biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu potensi bentonit teraktivasi asam sebagai adsorben pada pemurnian biodiesel untuk menyerap kontaminan yang masih ada di dalam biodiesel seperti gliserol, residu reaksi dan katalis yang dihasilkan selama reaksi transesterifikasi yang mempengaruhi kualitas biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi adsorben terbaik yaitu bentonite 60 gr ukuran mesh 325 dengan waktu tinggal 50 menit yang dapat menurunkan angka densitas sebanyak 0,88%, viskositas 9,7%, dan angka asam 64% sehingga menghasilkan biodiesel dengan karakteristik viskositas sebesar 5,63 cSt, densitas sebesar 0,8545 g/ml, dan angka asam sebesar 0,05 mg-KOH/g dimana semua parameter memenuhi standar SNI 04-7182-2015.

Kata Kunci: Biodiesel; Adsorpsi; Kolom; Adsorben; Bentonite

1. Pendahuluan

Seiring berjalannya waktu, bahan bakar minyak semakin menipis. Cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) sebesar 3,95 miliar barel pada tahun 2021. Ada 1,7 miliar cadangan prospektif dan 2,25 miliar cadangan terbukti dalam cadangan ini. Jumlah ini jauh lebih sedikit dibandingkan dengan 7,73 miliar barel pada tahun 2011. Diperkirakan cadangan minyak ini akan habis dalam waktu sekitar delapan tahun. Jika Indonesia terus

menggunakan bahan bakar fosil, hal ini akan meningkatkan ekspor minyak lebih jauh lagi [1].

Sumber energi terbarukan lainnya yang dapat digunakan secara terus menerus tanpa kehabisan dapat ditemukan. Biodiesel adalah salah satu pilihannya. Saat ini, ada peningkatan fokus pada penggunaan biodiesel untuk menggantikan minyak bumi tradisional [2]. Telah diketahui bahwa bahan bakar biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat terurai secara alami. Diharapkan bahan bakar diesel secara bertahap akan digantikan oleh biodiesel [3]. Selain itu, produksi biodiesel dapat dicapai melalui transesterifikasi minyak nabati dan asam lemak menggunakan larutan metanol, dengan tetap memperhatikan fungsi aktivitas katalis yang tepat [4].

Kemurnian biodiesel mempengaruhi seberapa baik fungsinya dalam mesin diesel. Salah satu metode yang cukup populer adalah metode pencucian basah (Water Washing). Di antara banyak manfaat dari proses pencucian air adalah kemampuannya untuk melarutkan polutan dan keterjangkauan serta kuantitas air. Namun demikian, ada sejumlah kekurangan pada proses pencucian air, termasuk pembentukan sabun, asam lemak bebas, dan emulsi [5].

Pencucian kering (Dry Washing) dengan adsorben adalah teknik pemurnian yang sedang dikembangkan untuk mengatasi kelemahan metode pencucian air [Water Washing]. Metode pencucian kering memurnikan biodiesel mentah dengan menggunakan proses adsorpsi untuk menghilangkan kontaminan. [6]. Metode pencucian kering memiliki keuntungan sebagai berikut: tidak memerlukan air, tidak memerlukan proses emulsifikasi, meminimalisir kerugian, membutuhkan investasi modal yang lebih sedikit, mempercepat pemurnian biodiesel, dan meningkatkan pengurangan kelembaban. Ini juga dapat digunakan dalam proses pemurnian sistem berkelanjutan. Oleh karena itu, pada akhirnya, semua manfaat ini akan menurunkan biaya produksi. [7].

Berbagai macam senyawa, seperti zeolit, karbon aktif, bentonit, dan magnetit, dapat digunakan sebagai bahan adsorpsi [8]. Bentonit ($Al_2.H_2O_6Si$), yang lebih terjangkau, berlimpah di alam, dan memiliki struktur berlapis dengan kapasitas untuk mengembang, dipilih sebagai adsorben alternatif karena mahalnya biaya adsorben seperti magnesol dan terbatasnya pasokan adsorben seperti aluminium silikat [9]. Bentonit adalah pilihan yang baik untuk digunakan sebagai adsorben karena kualitas-kualitas ini. Namun, tanah liat bentonit akan bekerja kurang optimal sebagai adsorben jika tidak diubah terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan sifatnya yang mudah menyerap air, sehingga kurang stabil ketika digunakan sebagai bahan penyerap [10].

Bentonit adalah zat yang terbuat dari tanah liat yang sebagian besar terdiri dari montmorillonite, mineral tanah liat kelompok smektit yang tercipta ketika abu vulkanik mengalami devitrifikasi. Bentonit memiliki kapasitas pertukaran kation yang tinggi, dapat mengembang, dan dapat menyerap banyak air [11]. Luas permukaan bentonit meningkat menjadi 700-800 m^2/g karena adanya rongga montmorillonite. Montmorillonite dapat mengadsorpsi berbagai ion logam dan molekul organik karena kemampuannya untuk mengembang. Bentonit dapat digunakan sebagai adsorben karena luas permukaannya yang sangat besar dan kapasitasnya untuk

mengembang[12].

Bentonit dapat diaktivasi secara kimia dan fisik untuk meningkatkan sifat adsorpsinya. Secara kimiawi, asam seperti HCl, H₂SO₄, dan HNO₃ biasanya digunakan untuk aktivasi. Untuk membuat bentonit dengan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi, penambahan bahan kimia asam selama proses aktivasi dapat memperbanyak gugus aktif dan meningkatkan keasaman permukaan. Pemanasan pada suhu antara 100 dan 200oC dapat digunakan untuk aktivasi fisik, yang bertujuan untuk menghilangkan molekul air yang menempati ruang antar lapis bentonit. Pertukaran ion yang tinggi dan peningkatan kapasitas adsorpsi merupakan dua manfaat dari bentonit teraktivasi [12].

Bentonit dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: Ca-bentonit (bentonit yang tidak mengembang) dan Na-bentonit (bentonit yang mengembang), tergantung pada jenis dan tipenya. Na-bentonit sering digunakan di sektor pengecoran logam sebagai perekat pasir cetak, bahan pencampur cat, dan penyumbat kebocoran cat di bidang teknik sipil. Ca-bentonit tidak dapat tersuspensi di dalam air dan memiliki daya serap air dan kapasitas pembengkakan yang buruk [13].

a. Swelling (sodium bentonite) : bentonite yang bisa mengembang

Bentonit jenis ini juga dikenal sebagai bentonit Wyoming (Na-bentonit - Swelling bentonit) atau bentonit pengeboran, yang mengandung ion Na⁺ dalam jumlah yang relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan ion Ca²⁺ dan Mg²⁺. Bentonit memiliki daya mengembang yang dapat bertahan hingga delapan kali lipat ketika dijatuhkan ke udara dan kemudian mengapung selama beberapa jam [14].

b. Non-swelling (calcium bentonite) : bentonite yang tidak bisa mengembang

Mg, Ca-bentonit (Ca-bentonit-bentonit yang tidak mengembang) adalah nama yang diberikan untuk jenis bentonit ini. Varietas ini memiliki kandungan kalsium (K₂O) dan magnesium (MgO) yang lebih tinggi daripada natrium. Bentonit ini juga menyerap lebih sedikit air, yang menyebabkannya cepat mengendap di dalam air tanpa membentuk suspensi. Namun, ia memiliki kualitas penghisapan yang baik secara alami atau setelah diaktifkan. Larutan keloidal memiliki pH 4-7, yang bersifat asam, dan rasio konsentrasi Na dan Ca yang rendah. Ion magnesium dan kalsium menempati sebagian besar situs pertukaran ion. Dalam keadaan kering bersifat rapid slaking, berwarna abu-abu, biru, kuning, merah dan coklat. Penggunaan mineral ini dipergunakan untuk bahan pemucat warna untuk minyak. Bentonite termasuk mineral yang memiliki gugus alumino silikat [14].

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki potensi bentonit teraktivasi asam sebagai adsorben untuk pemurnian biodiesel. Selain itu untuk mengetahui jenis bentonit yang ideal untuk memurnikan biodiesel.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan adalah aquades, asam klorida (HCl) 1N, NaOH, indikator pp, minyak curah, dan bentonit. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kolom adsorpsi, ayakan, neraca analitik, gelas kimia, gelas ukur, termometer, alumunium foil, dan pipet ukur.

2.2 Aktivasi Bentonite

Setelah menimbang 54 g bentonit, 200 cc asam klorida (HCl) 1M ditambahkan. Setelah diaduk dengan cepat, campuran tersebut didiamkan selama tiga jam. Setelah itu, cuci hingga pH netral sambil memisahkan bentonit dari filtratnya. Setelah itu, bentonit dibiarkan mengering selama dua jam pada suhu 110°C di dalam oven sebelum didinginkan.

2.3 Pemurnian Biodiesel

Biodiesel mentah dimurnikan dengan melewati bentonit melalui kolom berisi bentonit dan menggunakan gaya gravitasi untuk memungkinkan biodiesel keluar dari kolom dalam bentuk murni. Pada bentonit, dilakukan tiga pengukuran berat yang berbeda: 30 g menggunakan mesh 100, 60 g menggunakan mesh 100, dan 60 g menggunakan mesh 325. Sebuah kertas saring diposisikan di bagian bawah kolom untuk menjaga agar saat biodiesel dialirkan adsorben tidak ikut keluar dari kolom. Biodiesel yang telah dimurnikan ditampung dalam sebuah wadah untuk pengujian lebih lanjut setelah 200 ml biodiesel mentah dimasukkan ke dalam kolom kemudian dialirkan. Hasil uji kualitas biodiesel mentah dan biodiesel murni akan dibandingkan dengan SNI 04-7182-2015.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan pemurnian terhadap biodiesel menggunakan kolom adsorpsi dengan bentonit sebagai adsorbennya, yang akan dibandingkan dengan biodiesel yang belum dimurnikan dan standar nasional Indonesia untuk biodiesel. Tabel 1 menunjukkan hasil analisa densitas, viskositas, dan angka asam biodiesel.

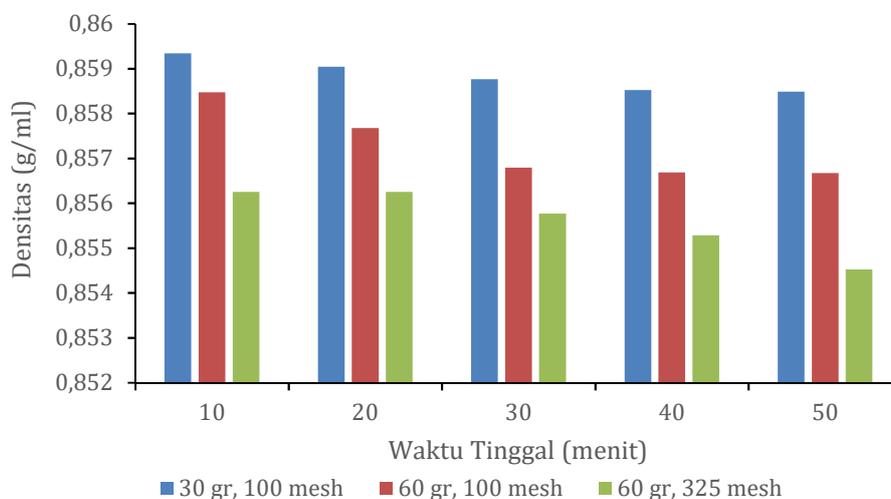
Tabel 1. Hasil analisa biodiesel

Sample	Waktu tinggal (menit)	Ukuran bentonite (mesh)	Bentonite (gr)	Densitas (g/ml)	Viskositas (cSt)	Angka Asam (mgKOH/g)
SNI	0		0	0.85-0.89	2.3-6	0.05
sample awal	0		0	0.8621	6.24	0.13
Sample 1	10	100	30 gr	0.8593	5.98	0.12
Sample 2	20		30 gr	0.8590	5.96	0.12
Sample 3	30		30 gr	0.8588	5.94	0.11
Sample 4	40		30 gr	0.8585	5.91	0.11
Sample 5	50		30 gr	0.8585	5.91	0.10
Sample 6	10	100	60 gr	0.8585	5.91	0.09
Sample 7	20		60 gr	0.8577	5.86	0.08
Sample 8	30		60 gr	0.8568	5.80	0.08
Sample 9	40		60 gr	0.8567	5.79	0.08
Sample 10	50		60 gr	0.8567	5.79	0.08
Sample 11	10	325	60 gr	0.8563	5.74	0.07
Sample 12	20		60 gr	0.8563	5.74	0.07
Sample 13	30		60 gr	0.8558	5.71	0.06
Sample 14	40		60 gr	0.8553	5.68	0.05
Sample 15	50		60 gr	0.8545	5.63	0.05

Setelah dilakukan penelitian diketahui jika semakin tinggi variasi adsorben bentonite dan semakin lama waktu tinggal maka penurunan angka densitas, viskositas dan angka asam akan semakin besar yang menunjukkan semakin banyak kontaminan yang diserap oleh bentonite.

3.1 Pengaruh Variasi bentonit dan waktu tinggal terhadap densitas biodiesel

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No.7182-2015 mengenai standar biodiesel yaitu sebesar 0.85-0.89 g/ml, pada penelitian ini diperoleh hasil densitas biodiesel berkisar 0.8545 – 0.8593 g/ml, hal ini dapat diartikan bahwa hasil uji densitas pada penelitian ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil yang didapatkan, pengaruh Variasi waktu tinggal dan ukuran bentonit terhadap massa jenis biodiesel dapat dilihat pada Gambar 1.



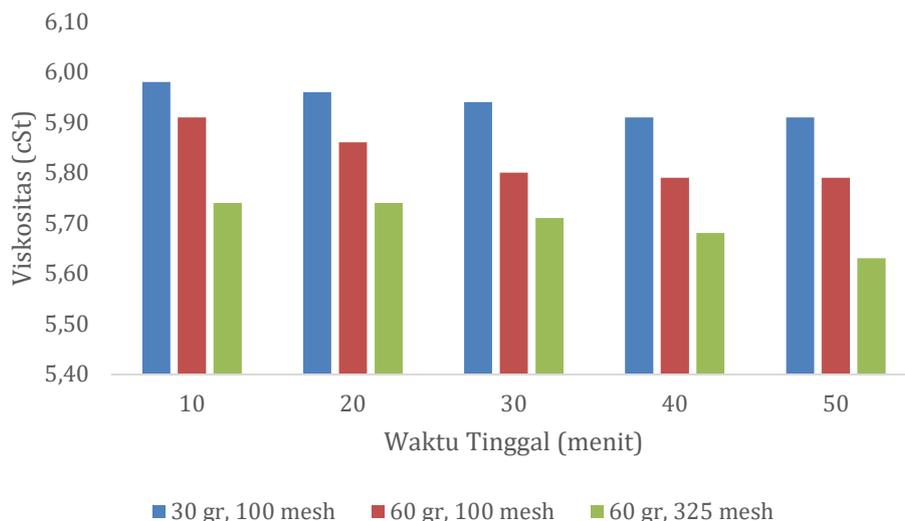
Gambar 1. Pengaruh Variasi bentonit dan waktu tinggal terhadap densitas biodiesel

Gambar 1 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu tinggal dan variasi adsorben bentonit, densitas biodiesel menurun. Massa jenis biodiesel minyak curah sebelum dimurnikan adalah 0,8621 g/mL, yang lebih tinggi dari massa jenis biodiesel setelah pemurnian. Densitas turun sebesar 0,32% poin menjadi 0,8593 g/mL pada prosedur pemurnian pertama, yang dilakukan dengan menggunakan konsentrasi adsorben bentonit sebesar 30 g; 100 mesh dengan lama waktu tinggal 10 menit. Ketika konsentrasi adsorben dinaikkan menjadi 30 gram per 100 mesh bentonit dengan waktu tinggal 20 menit, biodiesel dengan densitas 0,8590 g/mL dihasilkan. Untuk pemurnian kedua, persentase penurunan pada sampel ini adalah 0,36%.

Salah satu ukuran jumlah pengotor dalam biodiesel adalah nilai densitasnya; semakin besar nilai densitas, semakin banyak pengotor yang ada. Nilai densitas turun ketika konsentrasi adsorben meningkat karena semakin banyak kontaminan yang diserap [15]. Ukuran dari adsorben bentonit juga memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap penurunan densitas, semakin besar mesh bentonite maka semakin tinggi penyerapannya, sedangkan untuk variasi waktu tinggal 10 – 50 menit tidak terlalu berpengaruh terhadap angka penurunan densitas.

3.2 Pengaruh Variasi bentonit dan waktu tinggal terhadap viskositas biodiesel

Menurut [16] Perbedaan viskositas biodiesel dipengaruhi oleh beberapa pengotor yang tertinggal di dalam campuran, seperti reaktan yang tidak bereaksi dan metode pemisahan yang tidak memadai atau tidak efektif.. Ukuran dari adsorben bentonit juga memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap penurunan viskositas, semakin besar mesh bentonite maka semakin tinggi penyerapannya, sedangkan untuk variasi waktu tinggal 10 – 50 menit tidak terlalu berpengaruh terhadap angka penurunan viskositas.



Gambar 2. Pengaruh Variasi bentonit dan waktu tinggal terhadap viskositas biodiesel

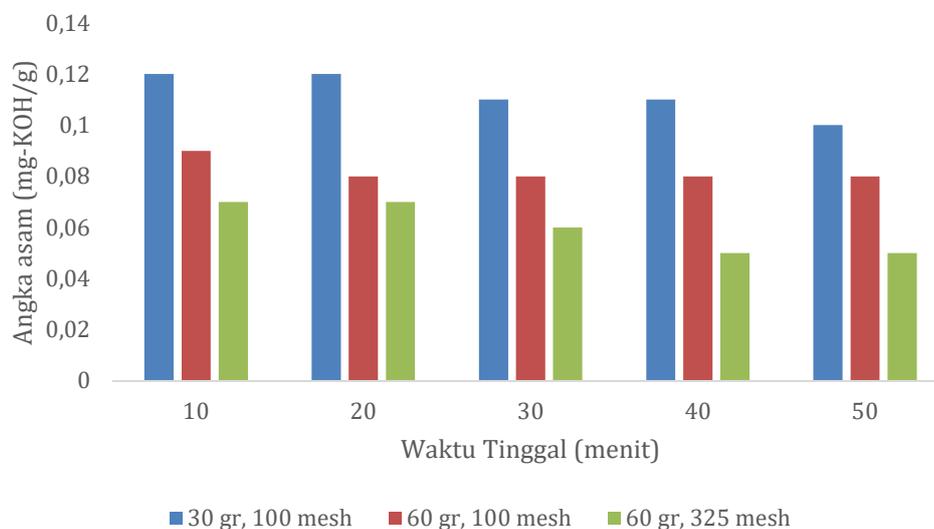
Viskometer bola jatuh digunakan untuk mengukur viskositas produk biodiesel yang diproduksi untuk memastikan nilainya. Berdasarkan hasil penelitian, yang ditampilkan pada Gambar 3 dimana nilai viskositas bervariasi dari 5,63 hingga 5,98 cSt.

Seiring dengan meningkatnya durasi waktu tinggal dan variasi adsorben bentonit, Gambar 2 menggambarkan penurunan densitas biodiesel. Jika dibandingkan dengan biodiesel yang telah dimurnikan, biodiesel minyak curah memiliki viskositas tertinggi, yaitu 6,24 cSt sebelum dimurnikan. Setelah 10 menit waktu tinggal pada konsentrasi 30 g adsorben bentonit dalam 100 mesh, prosedur pemurnian awal menghasilkan penurunan densitas sebesar 4,17% dan viskositas sebesar 5,98 cSt. Setelah meningkatkan konsentrasi adsorben menjadi 30 gram per 100 mesh dan mendiarkannya selama 20 menit, biodiesel dengan viskositas 5,96 cSt dihasilkan. Persentase penurunan viskositas pada sampel kedua ini adalah 4,49%, untuk pemurnian pemurnian selanjutnya persentase penurunan viskositas berkisar antara 4,17-9,78%. Variasi adsorben bentonit 60 gr; 325 mesh dengan waktu tinggal 50 menit menghasilkan viskositas biodiesel terendah yaitu 5,63 cSt.

3.3 Pengaruh Variasi bentonit dan waktu tinggal terhadap angka asam biodiesel

Salah satu metrik yang digunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas (FFA) dalam biodiesel adalah bilangan asamnya. Jumlah kalium hidroksida (mg KOH) yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam biodiesel dikenal sebagai bilangan asam. Angka asam berfungsi sebagai pengukur kualitas biodiesel; angka yang

tinggi menunjukkan adanya kontaminasi atau degradasi oleh asam lemak bebas, yang dapat menyebabkan korosi dan masalah pada mesin.



Gambar 3. Pengaruh Variasi bentonit dan waktu tinggal terhadap angka asam biodiesel

Seiring dengan bertambahnya waktu tinggal dan variasi adsorben bentonit, Gambar 3 menggambarkan penurunan angka asam biodiesel. Jika dibandingkan dengan biodiesel yang telah dimurnikan, biodiesel minyak curah sebelum dimurnikan memiliki nilai bilangan asam tertinggi, yaitu 0,13%. Bilangan asam turun sebesar 9,71% menjadi 0,12% pada prosedur pemurnian pertama, yang dilakukan dengan konsentrasi adsorben bentonit 30 g; 100 mesh dengan waktu tinggal 10 menit. Konsentrasi adsorben ditingkatkan menjadi bentonite 30gr; 100 mesh dengan waktu tinggal 20 menit dan menghasilkan angka asam yang sama yaitu 0,12%, untuk pemurnian pemurnian selanjutnya persentase penurunan angka asam berkisar antara 10 - 60%. Angka asam biodiesel terendah terdapat pada variasi konsentrasi adsorben bentonite 60 gr; 325 mesh dengan waktu tinggal 50 menit yaitu sebesar 0,05% yang dimana merupakan salah satu dari dua sample yang mencapai standar SNI angka asam biodiesel.

4. Kesimpulan

Pada penelitian diketahui bahwa variasi mesh dan jumlah bentonit dengan waktu tinggal 10, 20, 30, 40, 50 menit pada pemurnian biodiesel dapat menurunkan nilai viskositas, densitas dan angka asam. Variasi terbaik dihasilkan oleh bentonit 325 mesh, 60 gram dengan waktu tinggal 60 menit dengan persentase penurunan viskositas sebesar 9,78% yaitu 5,63 cSt, persentase penurunan densitas sebesar 0,88% yaitu 0,8545 g/ml, dan persentase penurunan angka asam sebesar 64% yaitu 0,05 mg-KOH/g dimana semua parameter memenuhi standar SNI 04-7182-2015.

Referensi

- [1] Ministry Of Energy and Mineral Resources Indonesia. Rencana Strategis Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral 2020-2024. Progr Kerja. 2021;1-168.
- [2] de Medeiros T V., Macina A, Naccache R. Graphitic carbon nitrides: Efficient heterogeneous catalysts for biodiesel production. Nano Energy [Internet]. 2020;78(May):105306. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.105306>
- [3] Madhuvilakku R, Piraman S. Biodiesel synthesis by TiO₂-ZnO mixed oxide nanocatalyst catalyzed palm oil transesterification process. Bioresour Technol [Internet]. 2013;150:55-9. Tersedia pada: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.087>
- [4] Saleh A, Yulistia E, Rambe FR. Purifikasi Biogas Berdasarkan Perbedaan Mesh Kain Nilon dan Laju Alir Biogas. J Tek Kim. 2017;23(2):137-45.
- [5] Istiningrum RB, E.A P, Sulfiah LA., D N. Pemanfaatan Abu Sekam Padi Untuk Pemurnian Bahan Baku Dan Produk Biodiesel Dari Minyak Jelantah. JST (Jurnal Sains dan Teknol. 2017;6(1):61-71.
- [6] Adisty TK, Mulyadi AH. Pemurnian Dan Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Pencucian Dry Wash Sistem Menggunakan Adsorben Magnesol (magnesium silikat). Prosiding SENATEK 2017. 2017. hal. 319-24.
- [7] Hanifa NM. Pemurnian Cruide Biodisel dari Minyak Nyamplung (*Chalophyllum inophyllum* L.) menggunakan Adsorben Aluminium Silikat. Universitas Brawijaya; 2021.
- [8] Maylani AS, Sulistyaningsih T, Kusumastuti E. Preparasi Nano Partikel Fe₃O₄ (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kalium. Indones J Chem Sci [Internet]. 2016;5(2):130-5. Tersedia pada: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs%0APREPARASI>
- [9] Suarya P. Adsorpsi Pengotor Minyak Daun Cengkeh Oleh Lempung Teraktivasi Asam. J Kim. 2008;2(1):19-24.
- [10] Amaliah Azis H, Mustam M, Ramdani N, Amin II, Sari N, Gregorius G. Penggunaan Adsorben Bentonit pada Proses Pencucian Kering dalam Pemurnian Biodiesel Minyak Jelantah. J Tek Kim USU. 2023;12(2):108-15.
- [11] Nasir S, Chrisya Andira S, Dona V. Utilizing Adsorption Bentonit And Hybrid UF-RO In Processing Liquid Waste Of Pulp Industry. J Innov Technol. 2020;1(1):17-22.
- [12] Annisah A, Bahar Y, Husni A. Pengolahan bentonit bekas sebagai adsorben pada proses penurunan kadar ffa dan warna minyak jelantah. J Tek Kim. 2021;27(1):29-37.
- [13] Hadiah F, Meliasari T, Heryanto. Pemurnian Minyak Jelantah dengan Menggunakan Adsorben Serbuk Biji Kelor Tanpa Karbonisasi dan Bentonit. J Tek Kim. 2017;26(1):27-36.

[14] Atikah A. Efektifitas Bentonit Sebagai Adsorben Pada Proses Peningkatan Kadar Bioetanol. *J Distilasi*. 2018;2(2):23.

[15] Ristianingsih Y, Hidayah N, Sari FW. Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (Cpo) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Transesterifikasi Langsung. *J Teknol Agro-Industri*. 2016;2(1):38-46.

[16] Putra RP, Wibawa GA, Priharini P, Mahfud. Pembuatan Biodiesel Secara Batch Dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro (Microwave). *J Tek ITS [Internet]*. 2012;1(Vol 1, No 1 (2012)):F34-7. Tersedia pada: <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/472>