

OPTIMIZATION OF TIME IN THE ESTERIFICATION PROCESS OF JELANTAH OIL WITH ANOVA ANALYSIS

Eka Megawati¹, Aditty Octavian Perdana Putra¹, Norhan Effendi¹, Yuniarti¹

¹ Program Studi Pengolahan Minyak dan Gas, Sekolah Tinggi Teknologi Migas
Transad KM.08 Kelurahan Karang Joang, Balikpapan, 76125, Indonesia

E-mail: *ekamegawati89@yahoo.com

Received: 18 Mei 2021. Accepted: 20 Desember 2021. Published: 31 Desember 2021

DOI: 10.30870/educhemia.v6i1.11331

Abstract: Used cooking oil is oil from frying which is an unused material. The processing of used cooking oil into biodiesel is expected to reduce household waste and become a new and renewable energy source. The first step in making biodiesel is the esterification process by measuring the value of free fatty acids. The purpose of this study was to determine the optimum time used during the esterification process and to compare the volume of using sulfuric acid (H_2SO_4) catalyst using the Anova method. The research was conducted using an experimental method. The variables used in this study were the deposition time of 12 hours to 25 hours and the volume of catalyst compared was 2 ml and 4 ml for every 200 ml of used cooking oil. Based on the results of the analysis, it was found that the optimum conditions that can be used in the deposition process are at 18 hours using 4 ml of catalyst. Based on the results of ANOVA analysis, it can be concluded that the calculated F value (0.002) < F table (94.196), it means that the FFA value of the 2 and 4 ml catalyst variations does not have a significant difference. faster process.

Keywords: Esterification; Anova; Free Fatty Acid

Abstrak: Minyak jelantah merupakan minyak hasil penggorengan yang merupakan bahan tidak terpakai lagi. Adanya pengolahan terhadap minyak jelantah menjadi biodiesel diharapkan dapat mengurangi limbah rumah tangga dan menjadi salah satu sumber energi baru terbarukan. Langkah awal untuk membuat biodiesel adalah dengan proses esterifikasi dengan mengukur nilai asam lemak bebas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu optimum yang digunakan saat proses esterifikasi dan membandingkan volume penggunaan katalis Asam Sulfat (H_2SO_4) menggunakan metode Anova. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah waktu pengendapan yaitu 12 jam sampai dengan 25 jam dan volume katalis yang dibandingkan adalah 2 ml dan 4 ml untuk setiap 200 ml minyak jelantah. Berdasarkan hasil Analisa diperoleh bahwa kondisi optimum yang dapat digunakan pada proses pengendapan yaitu pada waktu 18 jam dengan pemakaian katalis sebanyak 4 ml. Berdasarkan hasil analisa anova dapat disimpulkan bahwa nilai F hitung (0,002) < F tabel (94,196), maka dapat diartikan bahwa nilai FFA dari variasi katalis 2 ml dan 4 ml tidak memiliki perbedaan yang

signifikan, Penulis menyarankan untuk menggunakan katalis sebanyak 4 ml karena waktu proses yang lebih cepat.

Kata kunci: Esterifikasi; Anova; Asam lemak bebas.

PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas manusia, baik pada sektor industri, pertanian maupun rumah tangga berdampak secara langsung terhadap peningkatan jumlah produksi limbah, kebutuhan energi dan kebutuhan air bersih (Abdilah, F., & Troskialina, L, 2020). Pada saat ini, minyak goreng merupakan kebutuhan yang tidak bisa terlepas bagi kebanyakan orang. Selain berfungsi sebagai media penghantar panas, minyak goreng juga berfungsi sebagai penambah rasa gurih makanan serta memperbaiki cita rasa makanan dengan membentuk warna kuning kecoklatan pada saat penggorengan (Hidayati 2016). Menurut Muhammad et al. (2020), minyak goreng merupakan minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan maupun hewan yang dibuat secara sintetik dengan cara dimurnikan kemudian digunakan untuk menggoreng makanan. Sementara itu, menurut Fitri & Fitriana (2020), minyak goreng merupakan bahan pangan yang paling banyak digunakan oleh masyarakat dalam memasak makanan terutama untuk menggoreng. Berdasarkan

pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa minyak goreng memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari.

Menurut Rusdiana (2015), minyak goreng yang digunakan berulang-ulang biasa disebut dengan minyak jelantah yaitu minyak yang dihasilkan dari sisa penggorengan. Selain itu, Minyak jelantah atau penggunaan minyak goreng yang berulang-ulang dapat menyebabkan kerusakan pada minyak goreng yang meliputi perubahan warna, bau, maupun sifat-sifat fisika dan kimia lainnya dari minyak goreng tersebut. Menurut Ratnawati and Sungkawa (2018), saat penggorengan dilakukan, ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak tak jenuh akan putus membentuk asam lemak jenuh. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa asam lemak yang terkandung dalam minyak akan semakin jenuh seiring dengan pemakaian minyak yang berulang. Pengecekan asam lemak jenuh pada minyak jelantah dilakukan dengan proses esterifikasi.

Biodiesel dapat dibuat dari asam lemak dengan proses esterifikasi, atau dari minyak/lemak dengan proses

transesterifikasi (Haryono dkk, 2019). Menurut Efendi, Faiz dan Firdaus (2018), esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan asam lemak dengan alkohol. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi antara asam karboksilat dan alkohol membentuk ester dengan mengkonversi asam lemak bebas yang terkandung di dalam trigliserida menjadi metil ester dan hasil samping dari reaksi ini terbentuk air (Suleman, Abas, and Papatungan 2019). Esterifikasi dilakukan apabila kadar FFA > 2% serta menggunakan katalis asam (Siregar, S. P., Bunyamin, A., & Mardawati 2020). Hasil dari proses esterifikasi dilanjutkan dengan mengecek nilai Asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA).

Hal tersebut senada dengan pernyataan Ariyani, D., Megawati, E., Mukminin, A., Frilly, F., & Alfin (2019) yang menyatakan bahwa kualitas dari minyak goreng ditentukan dari kadar asam lemak bebasnya Nilai FFA dapat diketahui dengan cara titrasi. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya, yaitu oleh Marsaulina, I., & Naria (2018), metode anova digunakan untuk menganalisa data efektifitas arang aktif dalam menurunkan kadar asam lemak bebas dan penjernihan warna pada

minyak goreng bekas. Penelitian yang dilakukan oleh Susanti (2019), yang menyimpulkan bahwa variasi volume katalis H₂SO₄ memiliki pengaruh satu sama lain menjadi dasar penulis untuk melanjutkan penelitian yang berjudul Analisa Nilai *Free Fatty Acid* (FFA) Hasil Esterifikasi dengan Katalis Asam Sulfat (H₂SO₄) Menggunakan Metode Anova.

Anova digunakan untuk menganalisis data yang sama. Anova merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji hipotesis kesamaan rata-rata dari dua atau lebih populasi. Analisis terhadap data pengukuran berulang tersebut dilakukan untuk menyelidiki apakah ada perbedaan yang signifikan antara satu sampel dengan sampel yang lainnya. Anova dibedakan menjadi beberapa jenis, antaranya *one-way repeated measures* dan *two-way repeated measures* (Pritasari, Parhusip, and Susanto 2013).

Asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) adalah asam lemak yang berada sebagai asam bebas tidak terikat sebagai trigliserida. Teori lain yang dikemukakan oleh Hajar et al. (2016), menyebutkan bahwa meningkatnya kadar asam lemak bebas pada minyak goreng dikarenakan penggunaan minyak goreng yang berulang-ulang, akibatnya minyak goreng tidak baik untuk di konsumsi.

Kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak nabati dapat menjadi salah satu parameter penentu kualitas minyak tersebut (Sopianti, Herlina, and Saputra 2017). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu optimum yang digunakan saat proses esterifikasi dan membandingkan volume penggunaan katalis Asam Sulfat (H_2SO_4) menggunakan metode Anova

METODE

Peralatan yang digunakan pada penelitian yaitu Corong pisah, Labu leher tiga, Kondensor, Pompa, Pipa, Ember, Pipet tetes, Buret, Erlenmeyer, Magnetika stirrer, Tisu, Kompor listrik, Pipet pompa, Gelas beker 1000 ml, Gelas beker 500 ml, Timbangan digital, Thermometer $100^\circ C$, Corong, Gelas ukur 10 ml, Gelas ukur 50 ml. Bahan yang digunakan yaitu Aquades, Asam sulfat (H_2SO_4), Metanol, Indikator pp, Minyak jelantah, KOH.

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen. Pada tahap esterifikasi menggunakan variasi katalis H_2SO_4 sebesar 2 ml dan 4 ml untuk setiap 200 ml minyak jelantah. Hasil dari eksperimen dianalisa menggunakan metode Anova dengan bantuan program Excel yang bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan antara penambahan

katalis H_2SO_4 2 ml dengan 4 ml. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian diberikan pada Gambar 1.

Pembuatan larutan KOH dari padatan KOH dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Normalitas (N)} = \frac{\text{massa KOH} \cdot e}{\text{Mr KOH} \cdot \text{volume}} \dots(1)$$

Perhitungan FFA dengan menggunakan rumus:

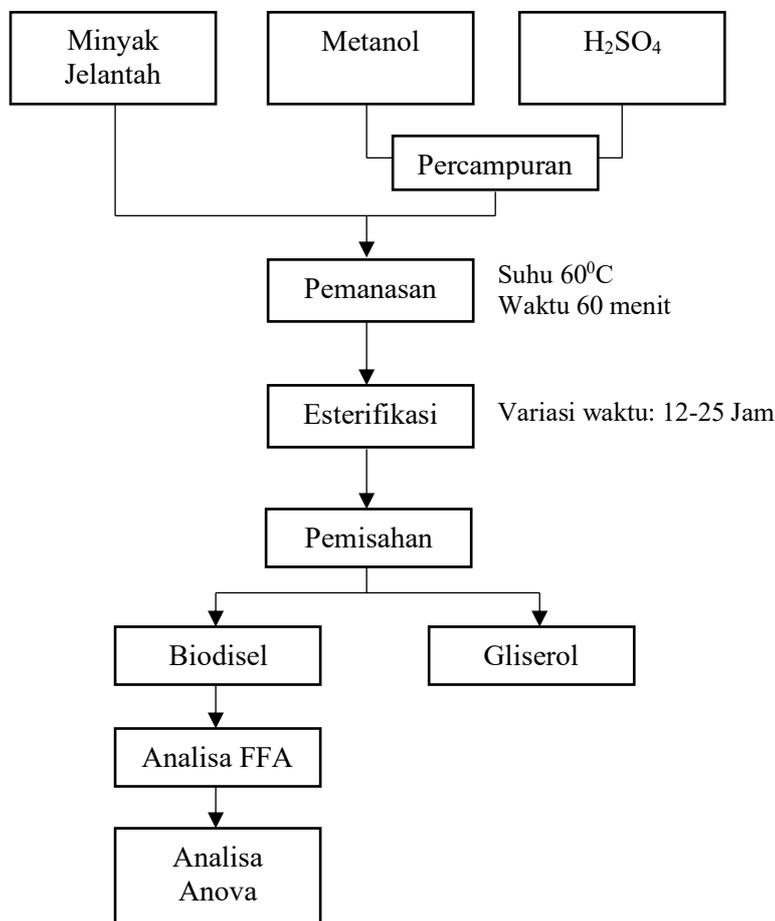
$$\% \text{ FFA} = \frac{\text{Volume KOH} \cdot \text{N KOH} \cdot \text{Mr Sampel}}{\text{massa sampel} \cdot 1000} \times 100\% \dots(2)$$

Metode Analisa Data

Menurut Fajrin, Pathurahman, and Pratama (2016), metode statistik yang banyak digunakan untuk menganalisis data dari suatu percobaan yang terancang adalah teknik analisis ragam atau sering disebut dengan ANOVA. Anova atau Analisis ragam adalah sebuah metode untuk memeriksa hubungan antara dua atau lebih set data. Metode Analisa data pada penelitian ini menggunakan Uji Anova dengan menggunakan program excel. Pada buku ajar metodologi penelitian, Setiawan (2019) bahwa, anova dapat juga dipahami sebagai perluasan dari uji-t sehingga penggunaannya tidak terbatas pada pengujian perbedaan dua buah rata-rata populasi, namun dapat juga untuk menguji perbedaan tiga buah rata-rata populasi atau lebih sekaligus.

Sementara itu, Porong (2019) menyebutkan bahwa, jika signifikansi F yang dihasilkan pada Anova $> 0,05$,

maka disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok yang diujikan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

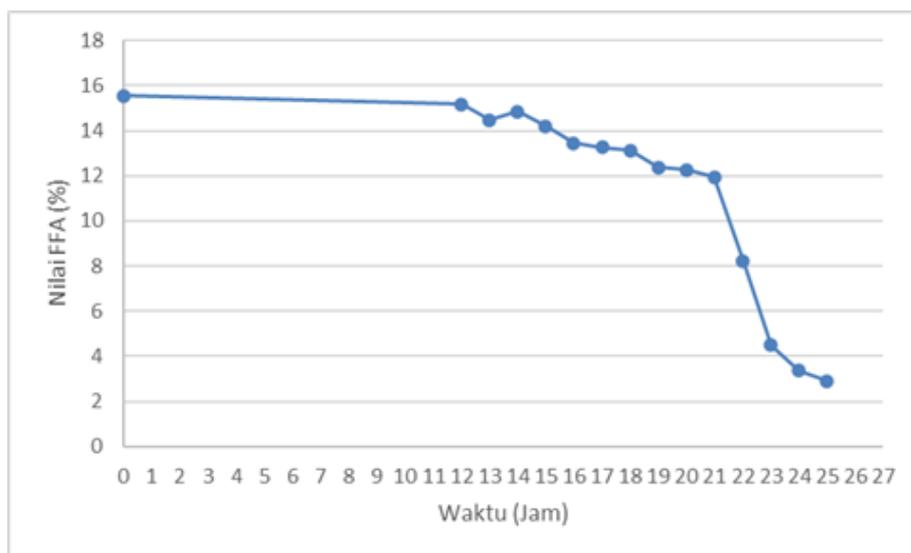
Esterifikasi dari minyak jelantah merupakan minyak bekas pengorengan. Sebelum melakukan proses esterifikasi perlu mempersiapkan alat dan bahan, setelah mempersiapkan alat dan bahan minyak jelantah tersebut dipanaskan terlebih dahulu hingga 100°C untuk menghilangkan kadar air didalamnya. Pemanasan pada suhu 100°C

dikarenakan titik didih air adalah 100°C sehingga air yang terdapat pada minyak jelantah akan menguap. Setelah itu disaring menggunakan kain agar kotoran bekas pengorengan tidak terikut ke dalam minyak goreng yang akan digunakan untuk proses esterifikasi.

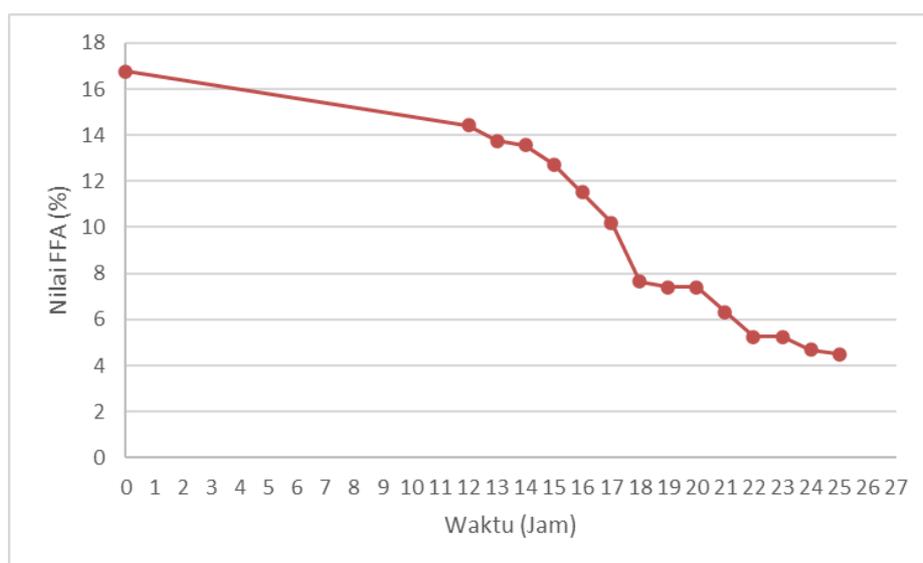
Masing-masing sampel ditambahkan asam sulfat pekat sebagai katalis sesuai dengan jumlah variasi volume katalis dan

dilakukan pengadukkan. Katalis diperlukan untuk mempercepat terbentuknya kesetimbangan. Menurut Dwipa, Ida Bagus Made Asmara, Frieda Nurlita (2017) Ion H^+ dari asam sulfat mempercepat terbentuknya kesetimbangan dengan membantu pembentukan intermediet. Namun, asam sulfat juga dapat meng-hambat suatu

reaksi dengan merubah struktur dari salah satu pereaksi dan juga menghidrolisis ester yang terbentuk. Asam sulfat dalam jumlah yang berlebih dapat bersifat sebagai dehidrator. Asam sulfat juga dapat menghidrolisis produk ester yang terbentuk sehingga jumlah ester yang terbentuk akan berkurang dengan adanya proses balik atau hidrolisis ester.



Gambar 2. Hubungan antara Nilai FFA dengan Waktu Pengendapan Katalis 2 mL



Gambar 3. Hubungan antara Nilai FFA dengan Waktu Pengendapan Katalis 4 mL

Minyak jelantah yang telah disaring dimasukkan ke dalam gelas ukur sebanyak 200 ml, metanol 20 ml kedalam gelas ukur dan katalis H_2SO_4 sebanyak 2 ml untuk mempercepat waktu reaksi, masukan satu-satu bahan tersebut ke dalam tabung leher tiga diaduk dan dipanaskan dengan *heating mantel* selama 60 menit dengan panas dibawah $60^\circ C$ agar metanolnya tidak menguap karna titik didih metanol $64^\circ C$. Hal tersebut juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Faputri, A. F., & Agustiorini (2019) dimana pada suhu $60^\circ C$ penambahan katalis berupa asam kuat seperti asam sulfat mendorong agar reaksi dapat bereaksi dengan sempurna dan dapat menurunkan asam lemak bebas. Setelah 60 menit, bahan tersebut dipindahkan ke dalam corong pisah dan diendapkan selama waktu pengujian.

Hasil dari proses pencampuran antara minyak jelantah, metanol dan asam sulfat pekat dipisahkan dengan menggunakan corong pisah. Pada corong pisah terbentuk dua lapisan, dimana lapisan atas merupakan ester dan lapisan bawah merupakan gliserol. Pemisahan tersebut terjadi karena adanya perbedaan massa jenis antara ester $0,860 \text{ g/cm}^3$ dan massa jenis gliserol $1,26 \text{ g/cm}^3$. Bagian yang

diambil untuk Analisa selanjutnya adalah bagian atas.



Gambar 4. Proses Esterifikasi

Nilai Free Fatty Acid (FFA)

Sampel dari hasil esterifikasi dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 1 gr dengan timbangan digital dan campurkan dengan methanol sebanyak 10 ml dan 1 tetes indikator pp menggunakan pipet tetes setelah itu dipanaskan dengan air panas sambil dikocok hingga homogen. Setelah tercampur rata dilanjutkan dengan proses titrasi dengan menggunakan KOH yang telah di larutkan dengan aquades untuk menghitung nilai FFA. Fitri and Fitriana (2020) menyatakan bahwa fungsi penambahan indikator pp adalah karena sampel dititrasi dengan larutan basa. Sedangkan fungsi penambahan KOH adalah untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak.

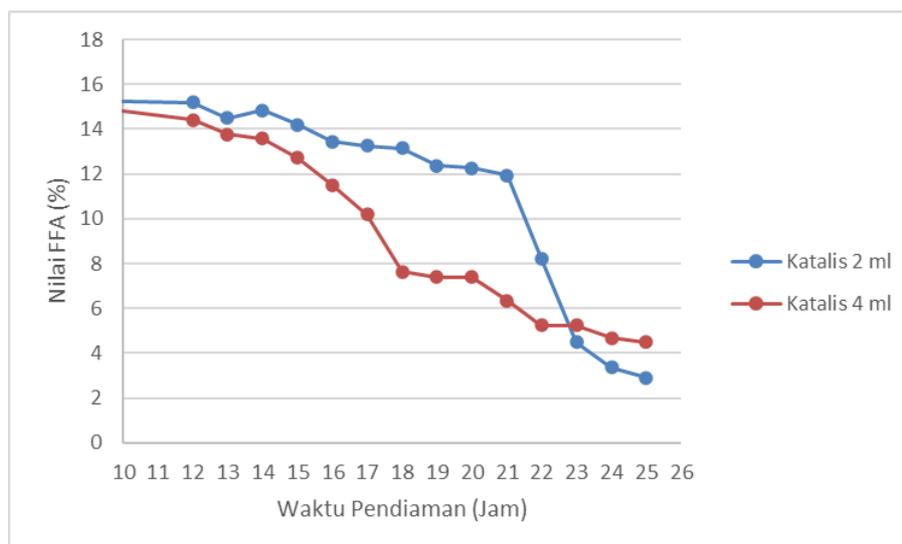
Berdasarkan Gambar 2 yang menampilkan hubungan antara Nilai FFA

antara waktu pengendapan dengan volume katalis 2 ml dapat terlihat bahwa semakin lama waktu pengendapan, maka nilai FFA semakin turun. Penurunan yang signifikan terjadi setelah waktu 21 Jam dimana pada waktu pendiaman 21 Jam nilai FFA sebesar 11.945 % setelah 22 Jam menjadi 8.236 %. Adanya penurunan ini disebabkan adanya kinerja dari katalis yang awalnya digunakan sebanyak 2 ml.

Berdasarkan Gambar 3 yang menampilkan hubungan antara Nilai FFA antara Waktu pengendapan dengan volume Katalis 4 ml dapat terlihat bahwa semakin lama waktu pengendapan, maka nilai FFA semakin turun. Penurunan yang signifikan terjadi setelah waktu 17 Jam dimana pada waktu pendiaman 17 Jam nilai FFA sebesar 10.201 % setelah 18 Jam menjadi 7.640 %. Adanya penurunan ini disebabkan adanya kinerja dari katalis yang awalnya digunakan sebanyak 4 ml.

Berdasarkan Gambar 5 yang menampilkan perbandingan hasil FFA antara katalis 2 ml dengan volume katalis 4 ml, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak katalis yang digunakan, maka

dapat semakin cepat menurunkan kadar FFA. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Fatimura, Daryanti, and Santi (2018) yang menyatakan semakin banyak jumlah katalis maka nilai FFA semakin kecil. Persentase FFA dalam minyak jelantah berkurang karena FFA terkonversi menjadi ester melalui reaksi esterifikasi. Sementara menurut Sibarani, dkk (2010) katalis akan menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga konstanta kecepatan reaksi akan meningkat. Penurunan FFA terlihat dari dua sampel, baik saat penggunaan katalis sebanyak 2 ml ataupun saat penggunaan katalis 4 ml. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa baik katalis sebanyak 2 ml ataupun 4 ml, sama-sama akan menurunkan nilai FFA hanya saja terdapat perbedaan waktu pendiaman yang efektif. Pada penggunaan katalis 2 ml, waktu yang efektif pada pendiaman 22 Jam. Sementara itu, pada penggunaan katalis 4 ml, waktu yang efektif pada pendiaman 18 Jam. Semakin banyak katalis, maka waktu pendiaman akan semakin cepat atau proses reaksi semakin cepat.



Gambar 5. Perbandingan Hasil FFA antara Volume Katalis 2 mL dengan 4 mL

Analisa Anova

Berdasarkan hasil Analisa waktu pendiaman dengan membandingkan penggunaan katalis 2 ml dan 4 ml. Diperoleh kesimpulan bahwa dengan menggunakan katalis 4 ml, waktu reaksi semakin cepat. Selanjutnya perlu dilakukan Analisa untuk mengetahui pengaruh antara variasi volume katalis asam asetat pekat terhadap nilai FFA.

Nilai rata-rata FFA, baik dari rata-rata penggunaan katalis 2 ml ataupun 4 ml, kemudian dilakukan Analisa lanjutan. Analisa data menggunakan Uji Oneway Anova dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara variasi volume katalis asam asetat pekat terhadap nilai FFA. Berdasarkan hasil analisa Anova yang telah dilakukan mendapatkan nilai F hitung 0,002 dan nilai F tabel 4,196 dari hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai F

hitung < F tabel. Hal tersebut berarti bahwa nilai rata-rata FFA dengan menggunakan variasi katalis H₂SO₄ 2 ml dengan 4 ml tidak berbeda secara signifikan atau dengan menggunakan volume katalis 2 ml ataupun 4 ml, tidak akan memberikan hasil yang signifikan pada nilai FFA. Berdasarkan hasil Analisa anova dapat penulis menyarankan untuk menggunakan katalis 4 ml daripada 2 ml karena walaupun hasil dari FFA tidak berbeda secara signifikan tetapi dengan menggunakan katalis sebanyak 4 ml membuat waktu pendiaman lebih cepat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari rata-rata nilai FFA dan analisis anova dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum

yang dapat digunakan pada proses pengendapan yaitu pada waktu 18 jam dengan pemakaian katalis sebanyak 4 ml. Berdasarkan hasil analisa anova dapat disimpulkan bahwa nilai F hitung (0,002) < F tabel (94,196), maka dapat diartikan bahwa nilai FFA dari variasi katalis 2 ml dan 4 ml tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Saran dari peneliti yaitu disarankan untuk proses esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat pekat pada sampel minyak jelantah, gunakan katalis 4 ml dengan waktu pendiaman atau pengendapan selama 18 jam. Selain itu,

peneliti menyarankan untuk melakukan penelitian lanjutan untuk variable-variabel lain yang kemungkinan mempengaruhi hasil esterifikasi, seperti jenis katalis lain, kecepatan pengadukan dan suhu saat pengadukkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Sekolah Tinggi Teknologi Migas karena menyediakan fasilitas untuk pengambilan data dan memberikan dukungan kepada peneliti, Ketua Program Studi Teknik Pengolahan Migas dan rekan-rekan yang telah membantu.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdilah, F., & Troskialina, L. 2020. Application of Dry Biomass of *Aphanothece* sp. as A Biosorbent of Copper Heavy Metal. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 5(1), 29-38.
- Ariyani, D., Megawati, E., Mukminin, A., Frilly, F., & Alfin, A. 2019. "Pembuatan Biodiesel Dari Limbah Kulit Bawang Merah (*Allium Cepa* L)." *PETROGAS: Journal of Energy and Technology* 1(1): 22–29.
- Dwipa, Ida Bagus Made Asmara, Frieda Nurlita, and I. Nyoman Tika. 2017. "Optimasi Proses Esterifikasi Asam Salisilat Dengan N-Oktan-1-ol." *Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya* 8(1): 1–11.
- Efendi, Rian, Husna Aulia Nur Faiz, and Enrie Risky Firdaus. 2018. "Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi-Trasesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah." In *Industrial Research*, , 402–9.
- Fajrin, Jauhar, Pathurahman Pathurahman, and Lalu Gita Pratama. 2016. "Aplikasi Metode Analysis of

- Variance (Anova) Untuk Mengkaji Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Mortar.” *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)* 12(1): 11–24.
- Faputri, A. F., & Agustiorini, I. 2019. “Optimalisasi Produksi Biodiesel Dari Minyak Kacang Tanah Bekas Pedagang Sate Menggunakan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dengan Perbedaan Konsentrasi Katalis KOH.” In *Prosiding Applicable Innovation of Engineering and Science Research*, , 528–34.
- Fatimura, Muhrinsyah, Daryanti Daryanti, and Santi Santi. 2018. “Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Bekas Rumah Makan Dengan Variasi Penambahan Katalis KOH Pada Proses Transesterifikasi.” *Jurnal Redoks* 1(2): 35–43.
- Fitri, Ardhista Shabrina, and Yolla Arinda Nur Fitriana. 2019. “Analisis Angka Asam Pada Minyak Goreng Dan Minyak Zaitun.” *Jurnal Sainteks* 16(2): 115–19.
- Hajar, Ibnu, Erna Wati Purba, Febri Wirasny, and Putri Auxilia Handayani. 2016. “Proses Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Ampas Tebu Untuk Pembuatan Sabun Padat.” *Jurnal Integrasi Proses* 6(2). <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/view/803>.
- Haryono, M. T., Solihudin, S., Ernawati, E., & Pramana, S. 2019. Limbah Cair Industri Minyak Goreng Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 4(1), 36-48.
- Hidayati, Fitri Choiri. 2016. “Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai (Jelantah) Dengan Menggunakan Arang Bonggol Jagung.” *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)* 1(2): 67–70.
- Marsaulina, I., & Naria, E. 2018. *Efektivitas Arang Aktif Sebagai Adsorben Dalam Penurunan Asam Lemak Bebas Dan Penjernihan Warna Pada Minyak Goreng Bekas*. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/2877>.
- Muhammad, Hafidzi Nur, Faizatun Nikmah, Nurul Umrotul Hidayah, and Arghob Khofya Haqiqi. 2020. “Arang Aktif Kayu Leucaena Leucocephala Sebagai Adsorben Minyak Goreng Bekas Pakai (Minyak Jelantah).” *Physics Education Research Journal* 2(2): 123–30.
- Porong, G. 2019. “Hubungan Faktor Demografisdengan Persepsi

- Penghuni Tentangreen Residential And Healthy Living Diperumahan Graha Natura Surabaya.” *Jurnal Agora* 7(1): 1–6. <http://publication.petra.ac.id/index.php/manajemen-bisnis/article/view/8143>.
- Pritasari, Novatiara Fury, Hanna Arini Parhusip, and Bambang Susanto. 2013. “Anova Untuk Analisis Rata-Rata Respon Mahasiswa Kelas Listening.” In *Prosiding SNMPM Universitas Sebelas Maret*, , 233–315.
- Ratnawati, Gervacia Jenny, and Hendra Budi Sungkawa. 2018. “Perbedaan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Minyak Goreng Yang Mengalami Pemanasan Ulang Dengan Penambahan Bawang Merah (*Allium Cepa*) Dan Bawang Putih (*Allium Sativum*).” *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa* 1(2): 110–13.
- Rusdiana, Rizka. 2016. Eprints Walisongo “Analisis Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Parameter Viskositas Dan Indeks Bias.” UIN Walisongo. <https://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/5883>.
- Salamah, Siti. 2014. “Kinetika Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Kapuk Pada Pembuatan Biodisel.” *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia* 1(1): 11–18.
- Setiawan, Kukuh. 2019. Padang: UNP, *Buku Ajar Metodologi Penelitian (Anova Satu Arah)*. Lampung: Universitas Lampung.
- Sibarani, Johan et al. 2010. “Effect of Palm Empty Bunch Ash on Transesterification of Palm Oil Into Biodiesel.” *Indonesian Journal of Chemistry* 7(3): 314–79.
- Siregar, S. P., Bunyamin, A., & Mardawati, E. 2020. “Pupuk Kalium Fosfat Dari Gliserol Limbah Biodisel Tiga Minyak Nabati.” *Jurnal Industri Pertanian* 2(1): 103–12. <http://journal.unpad.ac.id/justin/article/view/25712>.
- Sopianti, Densi Selpia, Herlina Herlina, and Handi Tri Saputra. 2017. “Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Goreng.” *Jurnal Katalisator* 2(2): 2017. <http://ejournal.lldikti10.id/index.php/katalisator/article/view/2408>.
- Suleman, Nita, Abas, and Mardjan Papatungan. 2019. “Esterifikasi Dan Transesterifikasi Stearin Sawit Untuk Pembuatan Biodiesel.” *Jurnal Teknik* 17(1): 66–77. <https://jt.ft.ung.ac.id/index.php/jt/article/view/54>.
- Susanti, Maria Mita. 2019. “Sintesis Senyawa Etil Laurat Menggunakan

Variasi Volume Katalis Asam Sulfat Pekat.” *Jurnal Labora Medika* 3(1): 1–9.

<https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JLabMed/article/view/4810>.