

Optimasi volume katalis H₂SO₄ dan waktu esterifikasi pada tahapan proses biodiesel

Optimization of catalyst's volume H₂SO₄ and esterification time at the biodiesel process stage

Eka Megawati^{1,*}, Andra Hendrawan Pratama¹, I Ketut Warsa¹, Aditty Octavian Perdana Putra¹, Norhan Effendi¹, Yuniarti¹

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

*E-mail: ekamegawati89@gmail.com

Abstrak

Minyak jelantah merupakan minyak hasil penggorengan yang merupakan bahan tidak terpakai lagi. Minyak jelantah merupakan salah satu limbah rumah tangga. Adanya pengolahan terhadap minyak jelantah menjadi biodiesel diharapkan dapat mengurangi limbah rumah tangga dan menjadi salah satu sumber energi baru terbarukan. Langkah awal untuk mengolah minyak jelantah menjadi biodiesel adalah dengan proses esterifikasi dengan mengukur nilai asam lemak bebas atau *Free Fatty Acid* (FFA). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu optimum yang digunakan saat proses esterifikasi dan membandingkan volume penggunaan katalis Asam Sulfat (H₂SO₄) 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 6 ml dan 8 ml untuk setiap 200 ml minyak jelantah. Berdasarkan hasil Analisa diperoleh bahwa kondisi optimum yang dapat digunakan pada proses pengendapan yaitu pada waktu 25 jam dengan pemakaian katalis sebanyak 8 ml. Kesimpulan dari Analisa anova adalah nilai F hitung (4,800) > F tabel (2,424), maka dapat diartikan bahwa nilai FFA dari variasi katalis 6 ml dan 8 ml memiliki perbedaan yang signifikan dengan taraf signifikansi 5%.

Kata kunci : Esterifikasi, Anova, Asam lemak bebas.

Abstract

Jelantah oil is a frying oil that is an unused ingredient. Jelantah oil is one of the household wastes. The processing of jelantah oil into biodiesel is expected to reduce household waste and become one of the new renewable energy sources. The first step to processing jelantah oil into biodiesel is by esterification process by measuring the value of free fatty acids (FFA). The purpose of this study was to find out the optimum time used during the esterification process and compare the volume of use of Sulfuric Acid (H₂SO₄) catalysts using the Anova method. The research was conducted using experimental methods. The variables used in this study were deposition time of 12 hours to 25 hours and the volume of catalysts compared was 6 ml and 8 ml for every 200 ml of jelantah oil. Based on the results of the analysis obtained that the optimum conditions that can be used in the deposition process is within 25 hours with the use of a catalyst as much as 8 ml. The conclusion of anova analysis is that the value of F calculated (4,800) > F table (2,424), it can be interpreted that the FFA value of the catalyst variation of 6 ml and 8 ml has a significant difference with a significance level of 5%.

Keywords: Esterification, Anova, Free Fatty Acid.

1. PENDAHULUAN

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, dkk (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 dan 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 dan 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. Menurut Megawati, dkk (2021) 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

Menurut Efendi, dkk (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, dkk, 2019). Esterifikasi dilakukan apabila kadar FFA > 2% serta menggunakan katalis asam (Siregar, dkk, 2020). Hasil dari proses esterifikasi dilanjutkan dengan mengecek nilai Asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA).

Hal tersebut senada dengan pernyataan Ariyani, dkk (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., dan 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 melakukan penelitian yang berjudul Optimasi volume katalis H₂SO₄ dan waktu proses esterifikasi pada tahapan proses biodisel.

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, dkk, 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, dkk (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, dkk, 2017).

Variabel tetap pada penelitian yaitu 200 ml minyak jelantah dan 100 ml Asam Sulfat (H₂SO₄). Sementara itu, variabel berubah adalah volume Asam Sulfat (H₂SO₄) sebanyak 6 ml dan 8 ml. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu optimum yang digunakan saat proses esterifikasi dan membandingkan volume penggunaan katalis Asam Sulfat (H₂SO₄) menggunakan metode Anova

2. METODOLOGI PENELITIAN

Peralatan yang digunakan pada penelitian yaitu Corong pisah, Labu leher tiga, Kondensor, Pompa, Pipa, Ember, Pipet tetes, Buret, Erlenmeyer, Magnetika stirrer, Tisu, Kompur listrik, Pipet pompa, Gelas beker 1000 ml, Gelas beker 500 ml, Timbangan digital, Thermometer 100°C, Corong, Gelas ukur 10 ml, Gelas ukur 50 ml. Bahan yang digunakan yaitu Aquades, Asam

sulfat (H₂SO₄), Metanol, Indikator pp, Minyak jelantah, KOH.

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen. Pada tahap eksterifikasi menggunakan variasi katalis H₂SO₄ sebesar 6 ml dan 8 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 H₂SO₄ 6 ml dengan 8 ml.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, yaitu:

Penyaringan minyak:

- Memanaskan minyak jelantah pada suhu 100°C selama kurang lebih 10 menit untuk menghilangkan kadar air yang ada dalam minyak
- Menyaring minyak jelantah dengan kain (untuk memisahkan kotoran yang ada dalam minyak berupa padatan)

Proses Esterifikasi (Katalis 6 ml):

- Masukkan minyak yang sudah disaring bersih kedalam gelas ukur sebanyak 200 ml, dengan metanol 20 ml, dan H₂SO₄ 6 ml
- Masukkan minyak, methanol, H₂SO₄ kedalam labu leher tiga 500 ml, dipanaskan dengan heating mantel selama sejam dengan suhu 60°C
- Hasil esterifikasi dipindahkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama 12 – 25 jam

Proses Esterifikasi (Katalis 8 ml):

- Masukkan minyak yang sudah disaring kedalam gelas ukur sebanyak 200 ml, dengan methanol 20 ml dan H₂SO₄ 8 ml
- Masukkan minyak, methanol H₂SO₄, kedalam labu leher tiga 500 ml, dipanaskan dengan heating mantel selama sejam dengan suhu 60°C
- Hasil esterifikasi dipindahkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama 12-25 jam

Pengujian FFA menggunakan metode titrasi.

Titrasi dilakukan dengan menggunakan larutan standar KOH 0,1 N dan 3 tetes indikator phenolphthalein sampai terjadi perubahan warna menjadi merah muda (Salamah, 2014). Adapun prosedur pengujian FFA, yaitu:

- Mengambil sampel dengan menggunakan pipet pompa, setelah itu dimasukkan kedalam gelas elenmeyer serta ditimbang seberat 1gr (timbangan digital)
- Tambahkan methanol 10 ml (gelas ukur), satu tetes indikator pp (dengan menggunakan pipet tetes), campurkan kedalam gelas elenmeyer yang berisi sampel yang telah ditimbang
- Diaduk hingga homogen dengan dibantu air panas untuk mempercepat homogenisasi setelah itu ditambahkan KOH hingga berubah warna tetap.

Pembuatan larutan KOH dari padatan KOH dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan perhitungan nilai FFA menggunakan persamaan (2) (Rusman,., dkk, 2018):

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

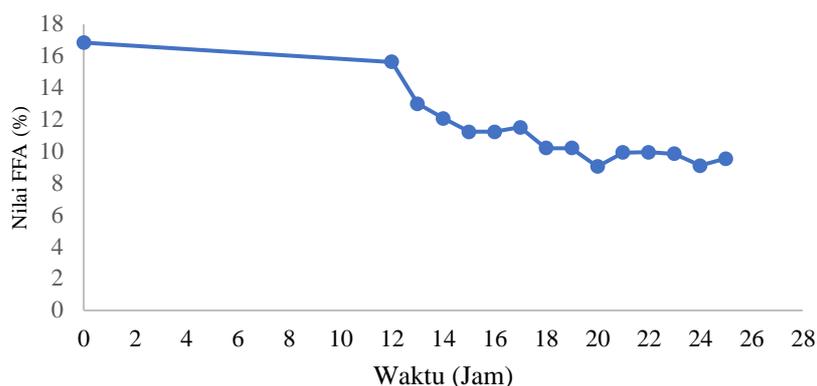
Perhitungan FFA dengan menggunakan rumus:

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

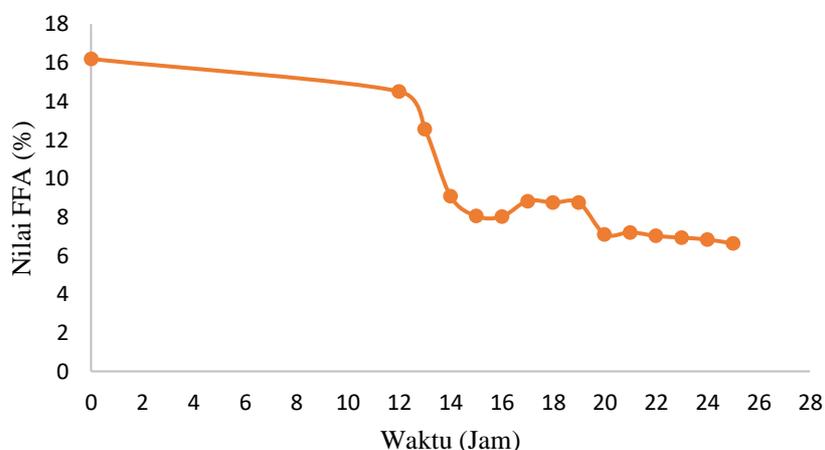
Metode Analisa Data

Menurut Fajrin,., dkk (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.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Hubungan antara Nilai FFA dengan Waktu Pengendapan dengan Menggunakan Katalis 6 ml



Gambar 2. Hubungan antara Nilai FFA dengan Waktu Pengendapan dengan Menggunakan Katalis 8 ml

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., dkk (2017) Ion H⁺ dari asam sulfat mempercepat terbentuknya kesetimbangan dengan membantu pembentukan intermediet. Namun, asam sulfat juga dapat menghambat 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.

Minyak jelantah yang telah disaring dimasukkan ke dalam gelas ukur sebanyak 200 ml, metanol 20 ml kedalam gelas ukur dan katalis H₂SO₄ sebanyak 4 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°C agar metanolnya tidak menguap karna titik didih metanol 64°C. Hal tersebut juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Faputri, A. F., dan Agustiorini (2019) dimana pada suhu 60°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.

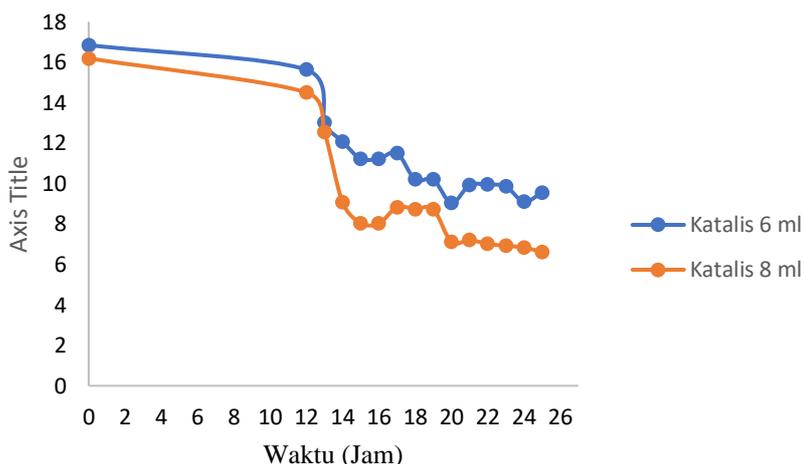
Hasil dari proses percampuran antara minyak jelantah, metanol dan asam sulfat pekat dipisahkan dengan menggunakan corong pisah. Pada corong pisah terbentuk dua lapisan, dimana lapisan atas merupakan ester dan lapisan bawah merupakan gliserol. Pemisahan tersebut terjadi karena adanya perbedaan massa jenis antara ester 0,860 g/cm³ dan massa jenis gliserol 1,26 g/cm³.

Bagian yang diambil untuk Analisa selanjutnya adalah bagian atas.

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 di panaskan dengan air panas sambil diaduk hingga homogen.

Setelah tercampur rata dilanjutkan dengan proses titrasi dengan menggunakan KOH yang telah di larutkan dengan aquades untuk menghitung nilai FFA. Fitri dan 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.



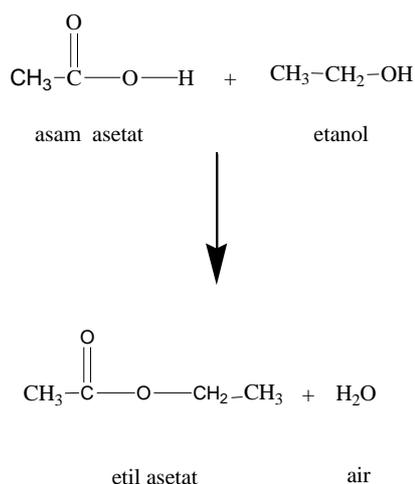
Gambar 3. Perbandingan Hasil FFA antara Volume Katalis 6 ml dengan Volume Katalis 8 ml

Berdasarkan Gambar 1 yang menampilkan hubungan antara Nilai FFA antara waktu pengendapan dengan volume katalis 6 ml dapat terlihat bahwa semakin lama waktu pengendapan, maka nilai FFA semakin turun. Penurunan yang signifikan terjadi setelah waktu 20 Jam yaitu nilai FFA sebesar 9,043 %. Adanya penurunan ini disebabkan karena adanya katalis membuat campuran lebih mudah larut dalam metanol sehingga reaksi esterifikasi akan lebih sempurna dan penggunaan katalis meminimalisir adanya pembentukan sabun pada proses esterifikasi.

Berdasarkan Gambar 2 yang menampilkan hubungan antara Nilai FFA antara Waktu pengendapan dengan volume katalis 8 ml dapat terlihat bahwa semakin lama waktu pengendapan, maka nilai FFA semakin turun. Penurunan yang signifikan terjadi setelah waktu 25 Jam yaitu nilai FFA sebesar 6,624 %. Adanya penurunan ini disebabkan adanya kinerja dari katalis yang awalnya digunakan sebanyak 8 ml.

Berdasarkan Gambar 3 yang menampilkan perbandingan hasil FFA antara katalis 6 ml dengan volume katalis 8 ml, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak katalis yang digunakan, maka dapat semakin cepat menurunkan kadar FFA. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Fatimura, dkk (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 6 ml ataupun saat penggunaan katalis 8 ml. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa baik katalis sebanyak 6 ml ataupun 8 ml, sama-sama akan menurunkan nilai FFA hanya saja terdapat perbedaan waktu pendiaman yang efektif. Pada penggunaan katalis 6 ml, waktu yang efektif pada pendiaman 20 Jam. Sementara itu, pada penggunaan katalis 8 ml, waktu yang efektif pada pendiaman 25 Jam. Semakin banyak katalis, maka waktu pendiaman akan semakin cepat atau proses reaksi semakin cepat. Berikut adalah mekanisme reaksi esterifikasi.



Gambar 4. Reaksi Esterifikasi

Analisa Anova

Berdasarkan hasil Analisa waktu pendiaman dengan membandingkan penggunaan katalis 6 ml dan 8 ml. Diperoleh kesimpulan bahwa dengan menggunakan katalis 8 ml, waktu reaksi semakin cepat. Selanjutnya perlu dilakukan Analisa untuk mengetahui pengaruh antara variasi volume katalis asam asetat pekat terhadap nilai FFA.

Pada nilai rata-rata FFA, baik dari rata-rata penggunaan katalis 6 ml ataupun 8 ml, kemudian dilakukan Analisa lanjutan. Analisa data menggunakan Uji 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 4,800 dan nilai F tabel 2,424 dari hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai F hitung > F tabel. Hal tersebut berarti bahwa nilai rata-rata FFA dengan menggunakan variasi katalis H₂SO₄ 6 ml dengan 8 ml pada signifikansi 5% berbeda secara signifikan pada nilai FFA. Berdasarkan hasil Analisa anova dapat penulis menyarankan untuk menggunakan katalis 8 ml daripada 6 ml karena dengan menggunakan katalis sebanyak 8 ml membuat nilai FFA turun lebih banyak.

4. 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 25 jam dengan pemakaian katalis sebanyak 8 ml. Penurunan FFA sebesar 39,5 %. Berdasarkan hasil analisa anova dapat disimpulkan bahwa nilai F hitung (4,800) < F tabel (2,424), maka dapat diartikan bahwa nilai FFA dari variasi katalis 6 ml dan 8 ml memiliki perbedaan yang signifikan.

Saran dari peneliti yaitu disarankan 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 PUSTAKA

- Ariyani, D., Megawati, E., Mukminin, A., Frilly, F., & Alfin, A. 2019. "Pembuatan Biodisel 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-Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah." *Industrial Research*.
- 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)*. <https://doi.org/10.25077/jrs.12.1.11-24.2016>.
- 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*. <https://doi.org/10.31851/redoks.v1i2.2027>

- Fitri, Ardhista Shabrina, and Yolla Arinda Nur Fitriana. 2020. "Analisis Angka Asam Pada Minyak Goreng Dan Minyak Zaitun." *Sainteks*. <https://doi.org/10.30595/st.v1i2.7128>.
- Hajar, Erna Wati Ibnu, Febri Wirasny Purba, and Putri Auxilia Handayani. 2016. "Proses Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Ampas Tebu Untuk Pembuatan Sabun Padat." *Jurnal Integrasi Proses*.
- Hidayati, Fitri Choiri. 2016. "Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai (Jelantah) Dengan Menggunakan Arang Bonggol Jagung." *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*. <https://doi.org/10.26737/jipf.v1i2.67>.
- Marsaulina, I., & Naria, E. 2018. "Efektivitas Arang Aktif Sebagai Adsorben Dalam Penurunan Asam Lemak Bebas Dan Penjernihan Warna Pada Minyak Goreng Bekas."
- Megawati, E., Putra, A. O. P., Effendi, N., & Yuniarti, Y. 2021. "Optimization of Time in the Esterification Process of Jelantah Oil With Anova Analysis." *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 6(2), 184-196.
- 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*. <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.2.6176>.
- Porong, G. 2019. "Hubungan Faktor Demografisdengan Persepsi Penghuni Tentanggreen Residential And Healthy Living Diperumahan Graha Natura Surabaya." *Jurnal Agora* 7 (1).
- 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*. <https://doi.org/10.30602/jlk.v1i2.146>.
- Rusdiana, Rizka. 2015. "Analisis Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Parameter Viskositas Dan Indeks Bias." *Eprints Walisongo*.
- Rusman, Ratu Fazlia Ina Rahmayani, Mukhlis. 2018. "Kimia Larutan". Aceh: Syiah Kuala University Press
- Salamah, Siti. 2014. "Kinetika Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Kapuk Pada Pembuatan Biodiesel." *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*. <https://doi.org/10.26555/chemica.v1i1.501>
- Setiawan, Kukuh. 2019. "Buku Ajar Metodologi Penelitian (Anova Satu Arah)." *Padang: UNP*,.
- Sibarani, Johan, Syahrul Khairi, Yoeswono Yoeswono, Karna Wijaya, and Iqmal Tahir. 2010. "Effect Of Palm Empty Bunch Ash On Transesterification Of Palm Oil Into Biodiesel." *Indonesian Journal of Chemistry* 7 (3): 314-79. <https://doi.org/10.22146/ijc.21675>.
- Siregar, S. P., Bunyamin, A., & Mardawati, E. 2020. "Pupuk Kalium Fosfat Dari Gliserol Limbah Biodiesel Tiga Minyak Nabati." *Jurnal Industri Pertanian* 2 (1).
- Sopianti, Densi Selpia, Herlina Herlina, and Handi Tri Saputra. 2017. "Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Minyak Goreng." *Jurnal Katalisator*. <https://doi.org/10.22216/jk.v2i2.2408>.
- Suleman, Nita, Abas, and Mardjan Papatungan. 2019. "Esterifikasi Dan Transesterifikasi Stearin Sawit Untuk Pembuatan Biodiesel." *Jurnal Teknik*. <https://doi.org/10.37031/jt.v17i1.54>.
- Susanti, M. M. 2019. "Sintesis Senyawa Etil Laurat Menggunakan Variasi Volume Katalis Asam Sulfat Pekat." *Jurnal Labora Medika* 3 (1): 1-9.