

Available online at: <http://reactor.poltekatiptd.ac.id/>

REACTOR
Journal of Research on Chemistry and Engineering

| ISSN Online 2746-0401 |



Pengaruh Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Difusivitas dan Konstanta Reaksi Dengan Proses Ekstraksi Reaktif

Clarisa Hany Az Zahra¹, Mega Mustikaningrum^{1*}, Fikrah Dian Indrawati Sawali², Pra Cipta Buana Wahyu Mustika³

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik, 61121, Indonesia

²Program Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik Industri Logam Morowali, Kabupaten Morowali, 94974, Indonesia

³Program Studi Teknik Kimia, Universitas Surabaya, Surabaya, 60293, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: October 20, 2023

Revised: December, 08

Available online: December 10, 2023

KEYWORDS

Biodiesel, Diffusivity, Reactive Extraction, Reaction Rate Constant, Stirring Speed

CORRESPONDENCE

Name: Mega Mustikaningrum

E-mail: megamustikaningrum@umg.ac.id

A B S T R A C T

The world is experiencing a crisis of scarcity of diesel fuel sources. The B30 program is to develop energy sources by utilizing alternative energy sources to prevent petroleum shortages. This program also supports research, namely making biodiesel using non-edible raw materials. Apart from that, another benefit of this research is to determine the effect of time on the yield of biodiesel production, knowing the effect of stirring speed on the diffusivity constant and reaction speed constant of the reactive extraction process. Biodiesel production in this research uses a reactive extraction process. The raw materials used are mahogany seeds, the solvent is methanol, chloroform as a co-solvent, and KOH as a catalyst. This process uses a temperature of 65°C, reaction time of 40 and 80 minutes, and varying stirring speeds of 200 and 300 rpm. The effect of time with a variable stirring speed of 200 rpm the longer the resulting yield increases, while at a stirring speed of 300 rpm the resulting yield decreases. The yield obtained at 200 rpm stirring was 82.363% (40 minutes), 87.6366% (80 minutes), 84.7605% (40 minutes), and 78.7204 (80 minutes). For the methyl ester diffusion constant, the stirring speed of 200 rpm is $8,20 \times 10^{-8} \text{ dm}^2/\text{minute}$, while the stirring speed of 300 rpm is $8,17 \times 10^{-8} \text{ dm}^2/\text{minute}$. The reaction rate constant is $1.99 \text{ dm}^3/\text{mol min}$.

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi di dunia saat ini terus meningkat. Semakin meningkatnya kebutuhan energi beriringan dengan semakin menipisnya sumber minyak bumi [1]. Kelangkaan energi tersebut memunculkan penerapannya di Indonesia dengan diterapkannya program B30. Program B30/biodiesel 30% tersebut merupakan bahan bakar dari campuran dari 30% kelapa sawit dan 70% solar, sehingga hasil pembakaran jauh lebih bersih dibandingkan diesel [2]. Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang menggunakan bahan baku minyak nabati atau hewani dan dicampurkan dengan bahan kimia sehingga bahan bakar menjadi lebih ramah lingkungan [3]. Selain kepala sawit terdapat bahan baku lain yang

dapat digunakan pada proses produksi biodiesel. Pada penelitian kali ini pembuatan produk biodiesel menggunakan bahan baku biji mahoni. Biji mahoni memiliki kadar minyak lebih tinggi dibandingkan jarak pagar yang hanya sebesar 35% [4]. Komposisi asam lemak yang dimiliki biji mahoni adalah asam stearat (10,41%), asam palmitat (21,39%), asam oleat (64,62%) dan asam lain (3,58%) [5]. Salah satu hal penting pada produksi biodiesel adalah penggunaan katalis. Penggunaan katalis pada proses pembuatan biodiesel berguna untuk mempercepat reaksi ke kanan antara trigliserida dan alkohol, dan sebaliknya memperlambat reaksi ke kiri antara gliserol dan ester [6].

Proses untuk produksi biodiesel kali ini yaitu melalui proses transesterifikasi *in situ*/ekstraksi reaktif. Ekstraksi

reaktif adalah proses yang mencampur semua padatan, pelarut, dan katalis menjadi satu fase secara simultan. Proses ini dapat mempersingkat jalannya pembuatan produk biodiesel dan menurunkan penggunaan energi produksi biodiesel apabila dibandingkan dengan metode konvensional dimana melakukan ekstraksi dan reaksi secara terpisah [7]. Dengan menggunakan proses ini alkohol berfungsi sebagai pelarut yang mengekstraksi komponen dan juga berperan dalam melakukan transesterifikasi selama jalannya proses [8]. *Yield* biodiesel yang dihasilkan menggunakan proses tersebut jauh lebih tinggi dan biaya produksinya akan jauh lebih efisien [9]. Pelarut yang digunakan pada proses ekstraksi reaktif kali ini yakni metanol. Pelarut metanol adalah pelarut yang mampu melarutkan komponen-komponen kimia pada tumbuhan [10]. Metanol memiliki sifat yang non-polar, semi-polar, dan polar. Sifat tersebut menyebabkan metanol mampu menembus dinding sel bahan dengan mudah, sehingga metabolit sekunder di dalam sitoplasma dapat larut dengan metanol dan senyawa-senyawa akan diekstraksi dengan baik [11]. Tujuan dan kebaharuan dari penelitian ini adalah dilakukan untuk mencari nilai parameter matematis berupa difusivitas methanol, minyak nabati mahoni, biodiesel, dan gliserol pada ekstraksi reaktif biodiesel, serta mencari parameter konstanta kecepatan ekstraksi pada pengaruh pengadukan produksi biodiesel. Parameter ini penting untuk digunakan sebagai optimasi proses pada penelitian selanjutnya, dan *scale up* perancangan ekstraktor reaktif sehingga tidak membutuhkan data penelitian yang terlalu banyak.

METODOLOGI

Metodologi penelitian terdiri dari enam tahapan penting diantaranya, analisis kadar air pada biji mahoni (*Swietenia mahagoni*), ekstraksi reaktif guna produksi biodiesel, tahapan optimasi dengan menggunakan metode distilasi, tahap evaporasi untuk menghilangkan pengotor biodiesel, dan analisis kadar menggunakan GC-FID dan perhitungan parameter matematika ekstraksi reaktif menggunakan MatLab.

Bahan Penelitian

Bahan penelitian terdiri dari biji mahoni yang berasal dari Jombang, pelarut methanol teknis 99 %, *co-solvent* kloroform PA (Merck) diperoleh dari *e-commerce* Klaten Bersinar, dan katalis KOH PA (Merck) diperoleh dari PT. Nirwana Abadi Surabaya.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk penelitian kali ini yaitu rangkaian alat reaktor ekstraksi reaktif, rangkaian alat distilasi dan rangkaian alat evaporator.

Prosedur Penelitian

Kadar Air Biji Mahoni

Mahoni ditumbuk untuk memisahkan biji dengan kulit. Setelah itu biji dikeringkan kedalam oven dengan suhu 100°C selama 3 jam. Kandungan air yang berada didalam biji mahoni akan terdifusi sehingga biji mahoni menjadi kering. Setelah itu biji dihaluskan dan diayak menggunakan mesin ayak dengan ukuran ayak 30 mesh. Untuk mengetahui kadar air yang hilang dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$\text{Kadar air} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan (1), diketahui bahwa A merupakan berat biji mahoni sebelum pengeringan (gram), dan B adalah berat biji mahoni setelah pengeringan (gram).

Ekstraksi Reaktif

Pelarut metanol sebanyak 240 mL, *co-solvent* kloroform sebanyak 10 mL dan katalis KOH sebanyak 0,4 gr dimasukan kedalam reaktor ekstraksi reaktif. Larutan tersebut dipanaskan hingga suhu 65°C, apabila suhu telah mencapai masukan biji mahoni sebanyak 10 gr. Proses reaksi dilakukan selama 40 dan 80 menit. Setelah proses reaksi telah selesai saring larutan tersebut dengan kertas saring menggunakan filtrasi vakum. Filtrat yang dihasilkan dari proses filtrasi tersebut didistilasi selama ±3 jam dengan suhu minimal 65°C. Filtrat yang telah didistilasi dimasukan ke dalam corong pisah selama ±24 jam. Komponen yang telah terpisah dibagian bawah ditampung menggunakan gelas beaker, sedangkan bagian atas dilanjutkan dengan proses evaporasi hingga murni.

Nilai Densitas

Piknometer kosong dengan volume 25 mL dioven dengan suhu 100°C hingga kering. Lalu piknometer ditimbang berat kosongnya. Setelah itu masukan biodiesel ke dalam piknometer dan timbang beratnya diatas neraca massa. Untuk mengetahui densitas menggunakan persamaan (2).

$$\rho \text{ Biodiesel} = \frac{C-D}{V} \quad (2)$$

Merujuk pada persamaan (2) diketahui bahwa C merupakan berat piknometer yang terisi oleh biodiesel (gram), D adalah berat piknometer kosong (gram) dan V merupakan volume dari piknometer (mL).

Angka Asam

Pengujian penilaian keasaman dilakukan dengan titrasi menggunakan larutan standar NaOH 0,1 N dan 3 tetes indikator fenolftalein. Biodiesel ditimbang sebanyak 1 gr menggunakan erlenmyer dengan neraca massa. Analisa

ini menggunakan triplo dengan erlenmyer yang berbeda-beda. Setelah itu biodiesel tersebut ditambahkan metanol sebanyak 50 mL. Lalu air sebanyak 500 mL di dalam gelas beaker dipanaskan dengan kompor pemanas. Erlenmyer tersebut diambil dan digoyangkan menggunakan beaker tongs selama 3 menit di atas air yang telah dipanaskan hingga homogen. Apabila telah homogen larutan tersebut ditambahkan indikator fenoltalein sebanyak 2 tetes sambal dikocok. Larutan tersebut dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga berwarna merah muda (*pink*). Untuk mengetahui kadar keasaman (%) mengetahui persamaan (3).

$$\text{FFA} = \frac{(V_{\text{titrasi}} \times N_{\text{NaOH}} \times M_{\text{rNaOH}})}{(m \text{ Sampel} \times 1000)} \times 100\% \quad (3)$$

Uji GC-FID

Larutan yang telah dimurnikan ditimbang sebanyak 0,1-0,25 gr ke dalam tabung ulir. Setelah itu ditambahkan NaOH 0,5 N sebanyak 2 mL dan dipanaskan selama 30 menit. Apabila telah dipanaskan ditambahkan BF – 3 metanol sebanyak 2 mL, lalu dipanaskan kembali pada suhu 70°C (± 2.0) selama 5 menit. Apabila telah dipanaskan selama 5 menit tambahkan N- Hexan Pro Gas Chromatography sebanyak 5 mL kedalam tabung ulir dan dipanaskan pada suhu 70°C (± 2.0) selama 5 menit. Setelah itu dipindahkan dari pemanas dan ditambahkan NaCl jenuh sebanyak 1 mL, dan diaduk/vortex selama 1 menit dan didiamkan hingga terpisah menjadi 3 lapisan. Lapisan paling atas (jernih) digunakan untuk menginject sampel.

Yield Biodiesel

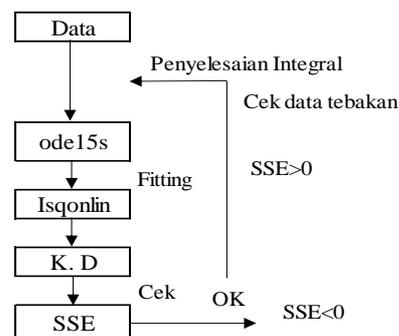
Biodiesel yang telah murni dan telah dicek uji – GC FID diukur untuk mengetahui yield biodiesel yang didapat. Untuk mengetahui yield biodiesel dapat menggunakan persamaan (4).

$$\% \text{Metilester} = \frac{(\text{Totalarea} - \text{area}_{\text{C}_{19}}) \times \text{C}_{19} \times \text{V}_{19} \times 100}{\text{Area}_{\text{C}_{19}} \times \text{W}_{\text{Sampel}}} \quad (4)$$

Berat sampel (W sampel) dalam satuan mg, C19 adalah 4,5 mg/ml, V dalam satuan mL.

Parameter Matematik Ekstraksi Reaktif

Pengambilan data kinetika dengan diambil 2 titik yaitu pada 40 dan 80 menit dengan suhu reaksi 65°C menggunakan kecepatan pengadukan 200 dan 300 rpm. Sedangkan untuk data yang lain menggunakan interpolasi data. Untuk data yang telah diambil akan dilakukan pengecekan dengan menggunakan ode 15s.



Gambar 1. Diagram alir pengecekan data kinetika menggunakan MATLAB

Persamaan yang dihitung dengan matlab dapat dilihat pada persamaan (5-8).

$$\left[-D_{eA} (4\pi r^2) \frac{\partial C_A}{\partial r} \right]_r - \left[-D_{eA} (4\pi r^2 (r\Delta + r)) \frac{\partial C_A}{\partial r} \right]_{r+\Delta r} - k C_A C_B (4\pi \Delta r) = 4\pi r^2 \Delta r \varepsilon \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (5)$$

$$D_{eA} \left[\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{\left[r^2 \frac{\partial C_A}{\partial r} \right]_{r+\Delta r} - \left[r^2 \frac{\partial C_A}{\partial r} \right]_r}{r^2 \Delta r} \right] - k C_A C_B = \varepsilon \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (6)$$

$$D_{eA} \frac{1}{r^2} \left[r^2 \frac{\partial C_A}{\partial r} \right] - k C_A C_B = \varepsilon \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 C_A}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_A}{\partial r} - \frac{k C_A C_B}{D_{eA}} = \frac{\varepsilon}{D_{eA}} \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (8)$$

Sedangkan simultan untuk mencari neraca massa minyak, biodiesel, dan gliserol di elemen volume dapat dilihat pada persamaan (9-11)

$$\frac{\partial^2 C_B}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_B}{\partial r} - \frac{k C_A C_B}{D_{eB}} = \frac{\varepsilon}{D_{eB}} \frac{\partial C_B}{\partial t} \quad (9)$$

$$\frac{\partial^2 C_C}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_C}{\partial r} - \frac{k C_A C_B}{D_{eC}} = \frac{\varepsilon}{D_{eC}} \frac{\partial C_C}{\partial t} \quad (10)$$

$$\frac{\partial^2 C_D}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_D}{\partial r} - \frac{k C_A C_B}{D_{eD}} = \frac{\varepsilon}{D_{eD}} \frac{\partial C_D}{\partial t} \quad (11)$$

Pada persamaan (5-11) dimana D_{eA} adalah difusivitas metanol pada biji mahoni (dm^2/menit). D_{eB} adalah difusivitas minyak pada biji mahoni. D_{eC} adalah difusivitas biodiesel pada biji mahoni. D_{eD} adalah difusivitas gliserol pada biji mahoni. $\frac{\partial C_A}{\partial t}$ adalah perubahan konsentrasi metanol pada biji mahoni setiap waktu ($\text{mol}/\text{dm}^3 \cdot \text{menit}$). $\frac{\partial C_B}{\partial t}$ adalah perubahan konsentrasi minyak pada biji mahoni setiap waktu

(mol/dm³.menit). $\frac{\partial C_C}{\partial t}$ adalah perubahan konsentrasi biodiesel pada biji mahoni setiap waktu (mol/dm³.menit). $\frac{\partial C_D}{\partial t}$ adalah perubahan konsentrasi gliserol pada biji mahoni setiap waktu (mol/dm³.menit). K adalah konstanta kecepatan reaksi overall menjadi biodiesel (dm³/mol menit). C_A adalah konsentrasi methanol (mol/dm³). C_B adalah konsentrasi minyak (mol/dm³). C_C adalah konsentrasi biodiesel (mol/dm³). C_D adalah konsentrasi gliserol (mol/dm³). C_{A0} adalah konsentrasi methanol mula-mula (mol/dm³). C_{B0} adalah konsentrasi minyak mula-mula (mol/dm³). ϵ adalah konstanta dielektrik. r adalah jari-jari (dm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Biji Mahoni

Biji mahoni sebelum dioven memiliki bobot sebesar 4,744 gr. Dengan proses pengeringan menggunakan oven selama 1 jam dengan suhu 100°C hingga memiliki berat biji sebesar 4,663. Maka dari itu kadar air yang dimiliki pada biji mahoni sebesar 1,7%. Kadar air pada suatu proses sangatlah penting terutama pada proses produksi bahan bakar. Apabila kandungan air terlalu tinggi pada bahan baku untuk produksi bahan bakar, kandungan air tersebut akan mengganggu kinerja dari mesin kendaraan [12].

Ekstraksi Reaktif

Proses ekstraksi reaktif dengan bantuan pelarut methanol, *co-solvent* kloroform dan katalis KOH dengan suhu reaksi 65°C pada penelitian kali ini menghasilkan produk biodiesel dengan metil ester (%) yang cukup tinggi. Metil ester yang didapat pada waktu reaksi 40 dan 80 menit dengan kecepatan pengadukan 200 rpm sebesar 82,36% dan 87,63%. Sedangkan pada waktu reaksi 40 dan 80 menit dengan kecepatan 300 rpm sebesar 84,76% dan 78,72%. Untuk waktu reaksi 0-100 data yang didapat dihasilkan dari interpolasi data. Hasil metil ester variasi waktu dan kecepatan dapat dilihat pada tabel 1.

Dapat dilihat pada tabel 1 bahwa semakin lama waktu reaksi, hasil metil ester (%) yang didapat akan semakin tinggi hal tersebut juga sama pada penelitian [13]. Akan tetapi, dapat dilihat pada tabel diatas bahwa kecepatan 300 rpm semakin lama hasil yang didapat semakin turun. Hal tersebut dikarenakan pada menit awal telah mencapai keseimbangan reaksi yang mengakibatkan tidak akan terjadi peningkatan konversi. Maka dari itu *yield* terjadi

peningkatan di awal reaksi, apabila telah mencapai kondisi maksimum akan terjadi penurunan secara perlahan [14].

Tabel 1. Metil ester (%) variasi waktu dan kecepatan pengadukan

Waktu	Metil Ester (%)	
	200 rpm	300 rpm
0	0	0
10	78,40	89,29
20	79,72	87,78
30	81,04	86,27
40	82,36	84,76
50	83,68	83,25
60	85,00	81,74
70	86,31	80,23
80	87,63	78,72
90	88,95	77,21
100	90,27	75,70

Analisis Karakter Biodiesel

Analisis densitas biodiesel pada penelitian kali ini berpacu pada standar SNI 7182:2012. Hasil analisis yang didapat dilihat pada tabel 2.

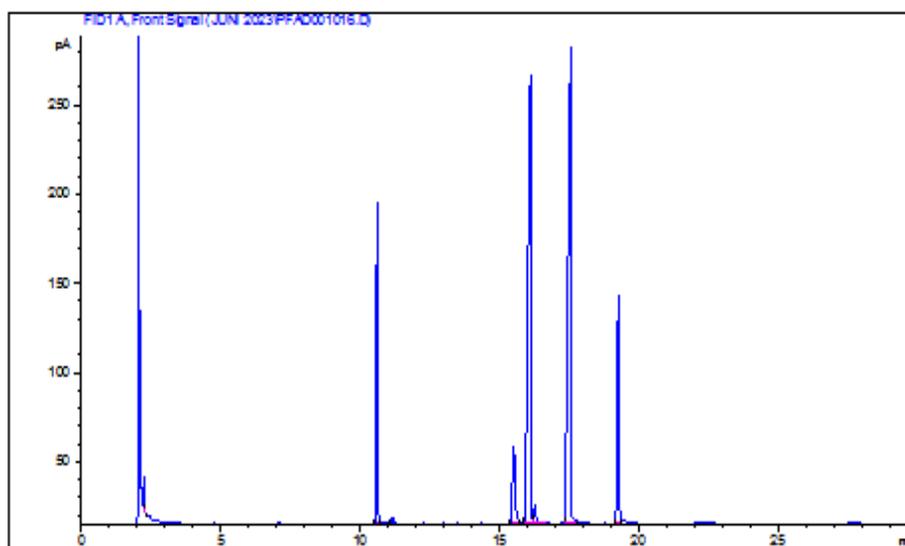
Tabel 2. Hasil uji Analisis dengan standar SNI 7182:2012

Uji Analisis	Satuan	Standar SNI 7182:2012	Kecepatan	Hasil Analisis
Densitas (40°C)	kg/m ³	850-890	200 rpm	860
			300 rpm	870
Angka Asam	mg-KOH/gr	Maks 0,6	200 rpm	1,285
			300 rpm	1,225

Densitas dalam biodiesel pada penelitian kali ini masih memenuhi standar SNI 7182:2012. Sedangkan untuk hasil angka asam didapat melebihi standar yaitu 0,6 mg-KOH/gr. Semakin tinggi angka asam pada produk bahan bakar akan menyebabkan korosi di mesin pembakaran sehingga dapat mengganggu kinerja dari mesin [15].

Hasil Uji GC-FID

Pada penelitian kali ini hasil *yield* metil ester diidentifikasi menggunakan uji GC-FID. Sampel biodiesel dengan bahan baku biji mahoni tersebut dilakukan analisis dengan kromatografi gas, didapat hasil yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kromatografi hasil uji GC-FID

Berdasarkan hasil analisis dapat dilihat dari kromatografi bahwa sampel tersebut terdapat komponen asam yang menunjukkan bahwa sampel tersebut adalah biodiesel.

Parameter Matematik Ekstraksi Reaktif

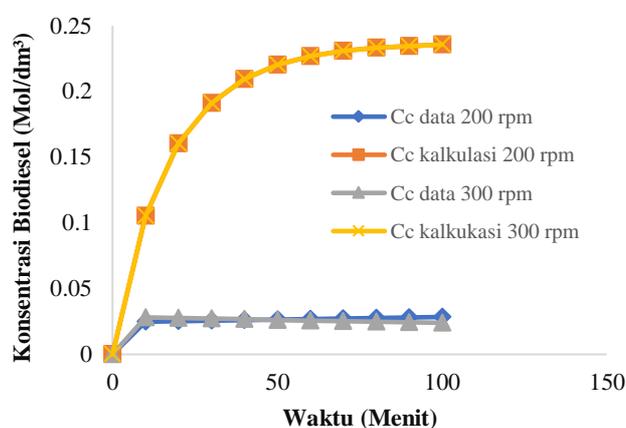
Biodiesel dengan proses ekstraksi reaktif kali ini mendapatkan hasil *yield* metil ester yang cukup tinggi. Hasil metil ester pada tabel 1 tersebut dikonversikan menjadi mol/dm³ dengan hasil biodiesel.

Dari data pada tabel 1 yang telah dikonversikan menjadi mol/dm³ tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai konstanta reaksi (*k*) dan difusivitas pada metil ester dengan variasi kecepatan pengadukan menggunakan bantuan matlab. Hasil nilai konstanta reaksi dan difusivitas dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil nilai konstanta reaksi dan difusivitas

Data	Kecepatan Pengadukan		Satuan
	200 rpm	300 rpm	
D _A	1,00 x 10 ⁻⁷	1,00 x 10 ⁻⁷	dm ² /menit
D _B	1,30 x 10 ⁻⁷	1,00 x 10 ⁻⁷	
D _C	8,20 x 10 ⁻⁸	8,17 x 10 ⁻⁸	
D _D	2,00 x 10 ⁻⁵	2,00 x 10 ⁻⁵	
<i>k</i>	1,99		dm ³ / mol menit
ϵ	33,0300		-
resnorm	2,98 x 10 ⁻²	2,93 x 10 ⁻²	-

Dapat dilihat data diatas difusivitas biodiesel pada kecepatan pengadukan 200 rpm sebesar 8,20 x 10⁻⁸ dan untuk kecepatan pengadukan sebesar 8,17 x 10⁻⁸ dengan masing-masing satuan dm²/menit. Untuk konstanta reaksi didapat 1,99 dm³/mol menit, resnorm untuk kecepatan pengadukan 200 rpm sebesar 2,98 x 10⁻², dan untuk kecepatan pengadukan sebesar 2,93 x 10⁻². Dari data tersebut didapat grafik yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik konsentrasi pada biodiesel

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin lama reaksi yang terjadi, maka semakin naik pula konsentrasi pada komponen tersebut. Hal ini dikarekan pembentukan komponen yang terjadi dan waktu yang digunakan untuk reaksi saling berhubungan. Semakin lama waktu reaksi, pembentukan komponen yang dihasilkan semakin banyak dan konsentrasi pada biodiesel semakin besar pula.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan persen metil ester (%) yang didapat pada waktu reaksi 40 menit sebesar 82,363%, dan 80 menit sebesar 87,6366% dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Sedangkan untuk waktu reaksi 40 menit sebesar 84,7605%, dan 80 menit sebesar 78,7204% dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Nilai difusivitas yang didapat pada kecepatan pengadukan 200 rpm sebesar 8,20 x 10⁻⁸ dm²/menit dan pada kecepatan pengadukan 300 rpm sebesar 8,17 x 10⁻⁸

dm²/menit. Sedangkan untuk konstanta kecepatan reaksi sebesar 1,99 dm³/mol menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. F. Deli, M. A. Widiatma, E. Mei, K. Harga, and D. Terhadap, "Mengurangi Dampak Krisis Energi: Energi Terbarukan Tanggapan Masyarakat di Twitter Terhadap Kenaikan Harga BBM," no. April, pp. 1–7, 2022.
- [2] W. Nurcholis *et al.*, "The α -Glucosidase Inhibitory Activity of Seed Extract of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King.)," *Curr. Biochem.* 2019, vol. 6, no. 1, pp. 35–44, 2019.
- [3] I. B. Rahardja, Sukarman, and A. I. Ramadhan, "Analisis Kalori Biodiesel Crude Palm Oil (CPO) Dengan Katalis Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS)," *J. UMJ*, vol. 3, pp. 1–12, 2019.
- [4] U. Habibah, N. D. Putri, and A. S. Silitonga, "Inovasi Campuran Limbah Minyak Goreng (Waste Cooking Oil) Dan Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*oil) Sebagai Biodiesel Untuk Sektor," pp. 1039–1046, 2022.
- [5] L. Nurliana, F. Kasman, and H. Ritonga, "Sintesis Metil Ester Sulfonat dari Minyak Mahoni (*Swietenia mahagoni* Linn) Menggunakan Reagen Natrium Bisulfid," *J. Ilmi Kim.*, vol. 11, pp. 76–83, 2022.
- [6] Furqon, A. kelik Nugroho, and M. K. Anshorulloh, "Kajian Penggunaan Katalis KOH Pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Reverse Flow Biodiesel Secara Batch," 2019.
- [7] M. E. Yulianto, R. Firyanto, M. F. S. Mulyaningsih, S. U. Handayani, and R. Amalia, "Pengaruh Kondisi Operasi Ekstraksi Reaktif Gelombang Mikro Untuk Produksi Biodiesel Dari Biji Kemiri Sunan Secara In Situ," *Metana*, vol. 12, no. 02, pp. 50–58, 2018.
- [8] E. D. Daryono, A. C. Rengga, and I. Safitri, "In Situ Transesterifikasi Minyak Biji Mahoni Menjadi Metil Ester Dengan Co-Solvent THF (Tetrahydrofuran)," *Reakt. Vol. 15*, vol. 15, no. 1, p. 51, Apr. 2014, doi: 10.14710/reaktor.15.1.51-58.
- [9] P. Novalina *et al.*, "Pengaruh Variasi Variabel Reaksi Pada Proses Ekstraksi," vol. 4, no. 4, pp. 18–24, 2020.
- [10] A. Kurniawati, "Pengaruh Jenis Pelarut Pada Proses Ekstraksi Bunga Mawar Dengan Metode Maserasi Sebagai Aroma Parfum," *J. Creat. Student*, vol. 2, no. 2, pp. 74–83, 2017, doi: 10.15294/jcs.v2i2.14587.
- [11] E. Asniwarsih, "Uji Aktivasi Antioksidan Daun Mangrove Pidada Merah (*Sonneratioa Caseolaris*) Dan Pidada Putih (*Sonneratia alba*)," no. 2504, pp. 1–9, 2021, [Online]. Available: <http://repository.akfarsurabaya.ac.id/id/eprint/590%0A>
- [12] E. Megawati, A. Adriansyah, A. Mukimin, D. Ariyani, Yuniarti, and M. Lutfi, "Analisis Sifat Fisika dan Nilai Keekonomian Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel dengan Metode Transesterifikasi," vol. 9, no. 1, 2022.
- [13] M. Busyairi, A. Z. Muttaqin, I. Meicahyanti, and S. Saryadi, "Potensi Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi," *J. Serambi Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 933–940, 2020, doi: 10.32672/jse.v5i2.1920.
- [14] Sulistianingsih and D. Wahyuningtyas, "Optimasi Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Katalisator Kalisum Oksida (CaO) Dengan Proses Metanolisis (Variabel Suhu Reaksi)," *Inov. Porses*, vol. 4, no. 1, pp. 81–87, 2019, [Online]. Available: <https://journal.akprind.ac.id/index.php/JIP/article/view/2119>
- [15] Q. Aeni, "Analisis Timbulan Minyak Jelantah dari Rumah Makan di Kawasan Kuliner Alun-Alun Kecamatan Kendal," *skripsi Univ. Islam Indonesia*, pp. 5–13, 2020.