

Pengaruh Suhu Terhadap Difusivitas dan Konstanta Kecepatan Reaksi *Transesterifikasi In-Situ* Produksi Biodiesel

Nikma Azrul Amelia dan Mega Mustikaningrum*

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No. 101 Gresik, Jawa Timur Indonesia
Email: megamustikaningrum@umg.ac.id

Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat diperbarui dengan manfaatnya sebagai pengganti diesel/solar dengan keunggulan emisi gas buang yang jauh lebih baik. Pada penelitian kali ini dilakukan reaksi transesterifikasi in-situ produksi biodiesel berbasis biji mahoni. Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh perbedaan suhu pada hasil yield biodiesel serta menentukan nilai konstanta kecepatan reaksi ekstraktif dan difusivitas ekstraksi reaktif biodiesel. Metode transesterifikasi in situ dijalankan dengan rasio bahan baku dan metanol (1:101,39), bahan baku dan tetrahidrofuran (1:67,85), dan rasio NaOH sebesar 4% dari berat bahan baku. Dari hasil penelitian, yield biodiesel terbaik didapatkan pada suhu 30°C dengan 87,3%. Sementara itu, nilai konstanta kecepatan reaksi dan difusivitas bervariasi pada suhu 10°C, 20°C, dan 30°C. Pada suhu 30°C, konstanta kecepatan reaksi adalah 0,063 dm³/mol.menit dan nilai difusivitas untuk berbagai komponen seperti metanol, minyak nabati, metil ester, dan gliserol adalah 2×10^{-10} ; 2×10^{-10} ; $7,18 \times 10^{-9}$; dan 1×10^{-10} dm³/menit.

Kata kunci : Biodiesel, Biji Mahoni, Transesterifikasi in-situ, Difusivitas, Konstanta kecepatan reaksi

Abstract

The Effect of Temperature on Diffusivity and Reaction Rate Constant of In-Situ Transesterification in Biodiesel Production

Biodiesel is a renewable fuel with the benefit of being a substitute for diesel with the advantage of much better exhaust emissions. In this research, an in-situ transesterification reaction was carried out for the production of biodiesel based on mahogany seeds. This research aims to assess the effect of temperature differences on the biodiesel yield and determine the reaction rate of extractive and the diffusivity of reactive biodiesel extraction. The In-Situ Transesterification method was carried out with the ratio of raw material to methanol (1:101.39), raw material to tetrahydrofuran (1:67.85), and a NaOH ratio of 4% of the raw material weight. From the research results, the best biodiesel yield was obtained at a temperature of 30°C with 87.3%. Meanwhile, the reaction rate constant and diffusivity values vary at temperatures of 10°C, 20°C, and 30°C. At a temperature of 30°C, the reaction rate constant is 0.063 dm³/mol.minute, and the diffusivity values for various components such as methanol, vegetable oil, methyl ester, and glycerol are 2×10^{-10} ; 2×10^{-10} ; 7.18×10^{-9} ; and 1×10^{-10} dm³/minute, respectively.

Keywords: Biodiesel, Mahogany Seeds, In-Situ Transesterification, Diffusivity, Reaction Rate Constant

PENDAHULUAN

Hasil produksi bahan bakar dan cadangan minyak bumi di Indonesia mengalami penurunan tiap tahun, sedangkan konsumsi minyak bumi di

Indonesia meningkat setiap tahun (Anwar *et al.*, 2022). Keadaan di atas menjelaskan bahwa salah satu permasalahan di Indonesia saat ini adalah produksi bahan bakar tidak dapat mengimbangi peningkatan konsumsi bahan bakar. Oleh karena

*)Correponding author

DOI : 10.14710/metana.v20i1.59022

Diterima: 20-10-2023

Disetujui: 03-01-2024

itu, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar di Indonesia, pemerintah melakukan impor untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar. Kelangkaan bahan bakar ini dikarenakan tidak adanya perkembangan teknologi baru pada produksi dan tidak ditemukannya sumur minyak sebagai *raw material* (Aini *et al.*, 2020).

Salah satu solusi dari permasalahan kelangkaan bahan bakar adalah perlunya diversifikasi energi selain minyak bumi. Minyak biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang terbuat dari sumber daya alam yang dapat diperbarui, seperti minyak tumbuhan, hewan, dan biota laut (Hartono *et al.*, 2022). Dari berbagai raw material tersebut, berdasarkan kuantitas bahan biomassa menjadi biodiesel memiliki potensi lebih besar dibandingkan yang lain.

Salah satu tanaman penghasil minyak nabati yang potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar nabati adalah tanaman mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) (Musta *et al.*, 2021). Tanaman ini berkembang dengan baik di Indonesia, Kayu dari tumbuhan ini biasa digunakan sebagai *furniture* karena sifatnya yang keras dan kokoh. Pemanfaatan biji mahoni masih kurang optimal karena masih banyak limbah dari biji mahoni yang mengotori jalanan. Biji mahoni mengandung minyak nabati sekitar 52,5% dan potensial untuk pemanfaatan dan pengembangan biodiesel (Ramdhoani *et al.*, 2023).

Proses produksi biodiesel pada umumnya dilakukan dengan proses reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa. Transesterifikasi minyak nabati menjadi biodiesel dengan metanol bisa dilakukan dengan menggunakan katalis homogen (asam atau basa) dan heterogen (Fadhillah dan Sari, 2023). Pada penelitian kali ini menggunakan NaOH sebagai katalis, hal ini dikarenakan katalis basa homogen dapat memberikan laju reaksi lebih cepat daripada asam homogen atau katalis heterogen dalam transesterifikasi (Oko *et al.*, 2021).

Pada proses reaksi transesterifikasi terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk mengoptimalkan *yield* biodiesel yang diperoleh, salah satunya adalah variasi suhu (Alfianita, 2019). Variasi suhu dilakukan pada transesterifikasi untuk mengetahui pengaruh suhu pada hasil biodiesel berdasarkan rendemen, densitas, dan bilangan asam biodiesel tersebut (Daryono *et al.*, 2022).

Peningkatan produktivitas biodiesel beserta kualitasnya, pada penelitian kali ini dilakukan produksi biodiesel dari minyak biji mahoni menggunakan teknik *fast single-phase process* (Thangaraj *et al.*, 2020). Penelitian dilakukan dengan menambahkan *co-solvent* tetrahidrofur untuk mengatasi masalah perbedaan kelarutan, karena tetrahidrofur merupakan *co-solvent* yang paling tepat karena murah, tidak beracun, tidak reaktif, dan bertitik didih rendah (67°C), sehingga dapat dipisahkan secara co-distilasi bersama dengan metanol dan di daur ulang pada akhir reaksi (Robiah *et al.*, 2023).

Fokus dari penelitian ini adalah untuk mempelajari variasi suhu dan hasil perhitungan matematis nilai konstanta kecepatan reaksi ekstraktif dan konstanta difusivitas pada proses transesterifikasi dengan bantuan *co-solvent* tetrahidrofur.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji mahoni, Metanol 96%, NaOH, Tetrahidrofur (THF) (Ridwan *et al.*, 2023). Alat yang digunakan adalah labu leher tiga, *thermometer*, pendingin baik, *hot plate*, *magnetic stirrer*. Penentuan kadar metil ester menggunakan alat *Gas Chromatography Flame Ionization Detector* (GC-FID) (Wicaksono *et al.*, 2023).

Prosedur Transesterifikasi In-Situ

Biji mahoni yang telah halus (ukuran 30 mesh) ditimbang sebanyak 25 gram menggunakan neraca analitik. Metanol diambil sebanyak 89,5 mL (Dolores *et al.*, 2020) dan dimasukkan kedalam labu leher tiga, kemudian ditambahkan tetrahidrofur sebanyak 65,3 mL dan NaOH sebanyak 4% dari berat biji mahoni (Oko *et al.*, 2021). Larutan sampel yang telah dicampur dipanaskan pada suhu 10 °C, 20 °C, 30 °C dan di aduk dengan stirrer pada kecepatan 150 rpm (Pasae, 2020), transesterifikasi *in situ* dilakukan pada rentang waktu 15 menit dan 45 menit (Nguyen *et al.*, 2021). Setelah itu dilakukan filtrasi hingga bebas dari sisa biji mahoni. Hasil filtrasi tadi dilakukan evaporasi dengan alat evaporator untuk menguapkan sisa pelarut. Berat rendemen biodiesel yang diperoleh dicatat dan dilakukan pengujian lebih lanjut pada alat GC- FID.

Penetapan Kadar Metil Ester dengan GC- FID

Sampel ditimbang sebanyak 0,1 – 0,25 gram di dalam tabung ulir, kemudian ditambahkan 2 mL 0,5 N NaOH metanolik dan dipanaskan dalam *waterbath* atau pemanas pada suhu 70°C (± 2,0) selama 5 menit. Setelah itu ditambahkan 2 mL BF-3 Metanol dan dipanaskan kembali pada suhu 70°C (±2,0) selama 5 menit. Kemudian ditambahkan 5 mL N-Hexan *Pro Gas Chromatography* dan dipanaskan pada suhu 70°C (±2,0) selama 5 menit. Sampel dipindahkan dari pemanas dan ditambahkan 1 mL NaCl jenuh. Sampel dikocok atau vortex selama 1 menit dan didiamkan sampai terpisah menjadi 3 lapisan. Lapisan paling atas (jernih) yang digunakan untuk inject sampel (Suseno *et al.*, 2019).

$$(\%)Metilester = \frac{(TotalArea - AreaC19) \times VC19 \times VC19}{AreaC19 \times Wsampel} \times 100\%$$

Dimana W Sampel adalah berat sampel (mg); C19 sebanyak 4,5 (mg/mL); VC19 sebanyak 4 (mL).

Analisa Karakter Produk Biodiesel

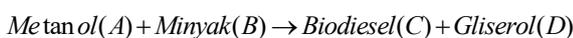
Beberapa pengujian sesuai SNI 7182:2015 dilakukan untuk analisa karakteristik sampel biodiesel pada penelitian ini, diantaranya adalah uji massa jenis pada suhu 40°C, uji bilangan asam dan uji bilangan penyabunan.

Pengambilan Data Kinetika

Sampel biodiesel hasil reaksi transesterifikasi *in-situ* diambil dalam rentang waktu ke 15 menit dan 45 menit pada setiap variasi suhu, yaitu suhu 10 °C, 20 °C dan 30 °C. Perolehan *yield* biodiesel didapatkan dengan pengujian menggunakan GC-FID.

Pengajuan Model Matematika

Pada ekstraksi reaktif ini terjadi dua fenomena yaitu ekstraksi minyak dari biji mahoni yang dilanjutkan dengan reaksi metanolisis antara minyak yang dihasilkan dan menghasilkan produk berupa biodiesel. Reaksi yang terjadi :



Neraca Massa A di Elemen Volume :

$$Rate\ of\ Mass\ in - Rate\ of\ Mass\ out + Rate\ of\ Mass\ Generated = Rate\ of\ Mass\ Accumulation$$

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

$$D_{eA} \left[\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{r^2 \frac{\partial C_A}{\partial r} \Big|_{r+\Delta r} - r^2 \frac{\partial C_A}{\partial r} \Big|_r}{r^2 \Delta r} \right] - k_{CA}C_B = \varepsilon \frac{\partial C_A}{\partial t}$$

$$D_{eA} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial C_A}{\partial r} \right] - k_{CA}C_B = \varepsilon \frac{\partial C_A}{\partial t}$$

$$\frac{\partial^2 C_A}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_A}{\partial r} - \frac{k_{CA}C_B}{D_{eA}} = \frac{\varepsilon}{D_{eA}} \frac{\partial C_A}{\partial t}$$

Maka, diketahui Neraca Massa B, C dan D di Elemen Volume :

$$\frac{\partial^2 C_B}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_B}{\partial r} - \frac{k_{CA}C_B}{D_{eA}} = \frac{\varepsilon}{D_{eB}} \frac{\partial C_B}{\partial t}$$

$$\frac{\partial^2 C_C}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_C}{\partial r} + \frac{k_{CA}C_B}{D_{eA}} = \frac{\varepsilon}{D_{eC}} \frac{\partial C_C}{\partial t}$$

$$\frac{\partial^2 C_D}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_D}{\partial r} + \frac{k_{CA}C_B}{D_{eA}} = \frac{\varepsilon}{D_{eD}} \frac{\partial C_D}{\partial t}$$

Initial Cond :

$$t = 0 \rightarrow C_A = C_{AO} ; C_B = C_{BO} ; C_C = 0 \text{ dan } C_D = 0$$

Boundary Cond :

$$R=0 \rightarrow C_A = C_{AO} ; C_B = C_{BO}$$

$$R=R \rightarrow \frac{\partial C_A}{\partial r} = 0 ; \frac{\partial C_B}{\partial r} = 0$$

Dimana, D_{eA} adalah difusivitas metanol pada biji mahoni (dm³/menit); D_{eB} adalah difusivitas minyak pada biji mahoni (dm³/menit); D_{eC} adalah difusivitas biodiesel pada biji mahoni (dm³/menit); D_{eD} adalah difusivitas gliserol pada biji mahoni (dm³/menit); $\frac{\partial C_A}{\partial t}$ adalah perubahan konsentrasi metanol pada biji mahoni setiap waktu (mol/dm³.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 (dm^3/mol menit); C_A adalah konsentrasi metanol (mol/dm^3); C_B adalah konsentrasi minyak (mol/dm^3); C_C adalah konsentrasi biodiesel (mol/dm^3); C_D adalah konsentrasi gliserol (mol/dm^3); C_{A0} adalah konsentrasi metanol mula - mula (mol/dm^3); C_{B0} adalah konsentrasi minyak mula mula (mol/dm^3); ϵ adalah konstanta dielektrik; r adalah jari-jari (dm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji kadar air dari proses *pre-treatment* biji mahoni diperoleh sebanyak 1,46%. Menurut Daryono *et al.* (2020) bahwa kadar air bahan baku biodiesel maksimal 1%, karena kadar air bahan baku yang tinggi akan menyebabkan terbentuknya FFA (*Free Fatty Acid*). Jadi untuk hasil uji kadar air untuk penelitian kali ini masih memenuhi standar untuk dilanjutkan ke proses reaksi transesterifikasi.

Sampel biodiesel yang digunakan dalam analisis karakter kali ini masih berupa sampel campuran yang berisi biodiesel yang belum dipisahkan dengan pelarutnya, namun dengan asumsi bahwa jika masih berupa sampel campuran saja sudah memiliki karakteristik yang sesuai SNI, maka bila berbentuk biodiesel murni hasil yang

diperoleh-pun akan lebih bagus karena tidak ada campuran pelarut. Hasil pengujian pada penelitian kali ini bisa dilihat pada Tabel 1 yang mana menunjukkan bahwa pengujian sampel biodiesel telah memenuhi standar SNI.

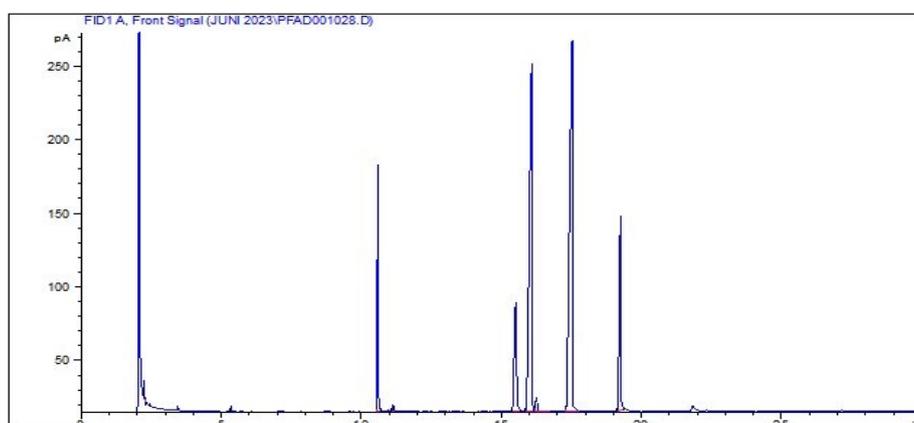
Hasil Uji GC-FID

Pengujian metil ester menggunakan *Gas Chromatography Flame Ionization Detector* (GC-FID), hal ini dilakukan untuk mengetahui komposisi asam lemak yang terdapat dalam minyak (Mandei *et al.*, 2020). Salah satu contoh kromatogram yang dihasilkan yaitu pada hasil pengujian biodiesel suhu 10°C dengan lama pengadukan 45 menit (Gambar 1).

Kromatogram yang ditampilkan pada Gambar 1 merupakan hasil *peak* yang muncul dari komponen biodiesel dan larutan standar. Menurut Firdaus *et al.* (2023) bahwa biodiesel yang mengandung komponen FAME (*Fatty Acid Metil Ester*) ditandai dengan munculnya *peak* pada berbagai waktu retensi. Pengujian metil ester dengan GC-FID pada penelitian dilakukan di semua suhu percobaan, Hasil perhitungan *yield %* metil ester dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Analisa Karakteristik Biodiesel

Uji Kualitas	Satuan	Variabel Penelitian			SNI	Metode Pengujian
		10°C	20°C	30°C		
Massa Jenis (40°C)	Kg/m^3	860	870	850	850-890	SNI 7182:2015
Bilangan Asam	$\text{mg-KOH}/\text{g max}$	0,0104	0,0075	0,0061	0,4	SNI 7182:2015
Bilangan Penyabunan	$\text{mg-KOH}/\text{g}$	12,43	14,31	14,46	-	SNI 7182:2015



Gambar 1. Kromatogram pada suhu 10°C dengan waktu reaksi 45 menit

Berdasarkan hasil perhitungan *yield* metil ester, dapat diketahui bahwa presentase metil ester yang didapatkan cukup tinggi yaitu diatas 80%, hal ini menunjukkan bahwa biji mahoni dapat berpotensi dengan baik untuk dijadikan biodiesel. Penggunaan suhu rendah pada reaksi kali ini karena menurut Ambat *et al.* (2020) bahwa penggunaan *co-solvent* dapat bekerja dengan baik pada suhu rendah, pada penelitian beliau juga penggunaan THF sebagai *co-solvent* dalam reaksi transesterifikasi suhu ruang memperoleh rendeman biodiesel yang cukup tinggi. Menurut penelitian Daryono *et al.* (2020) juga pada sintesa biodiesel dari bahan baku yang berbeda yaitu minyak biji pepaya dengan reaksi transesterifikasi *in-situ* menggunakan *co-solvent* THF mendapatkan *yield* 84,76% pada operasi suhu kamar. Sehingga dapat di ketahui bahwa tetrahidrofuran dapat bekerja dengan baik pada suhu rendah.

Parameter Matematika Reaksi Transesterifikasi In-Situ

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida (minyak nabati) dengan alkohol (dalam hal ini metanol) untuk menghasilkan ester (biodiesel) dan gliserol. Kecepatan reaksi dan efisiensi reaksi dapat dipengaruhi oleh berbagai parameter termasuk suhu, konsentrasi, dan jenis pelarut. Setiap reaksi yang berlangsung mempunyai nilai konstanta dan difusivitas yang digunakan untuk mengetahui bahwa reaksi tersebut dengan hasil rendeman sekian mempunyai parameter yang jelas dan sesuai dengan teori yang sudah ada. Hal yang digunakan sebagai parameter untuk membuktikan hasil olah data menggunakan *software* matlab sudah benar yaitu nilai *resnorm* atau SSE mendekati angka 0, dan juga konsentrasi hasil tebakan metil ester oleh sistem memiliki nilai yang berdekatan dengan konsentrasi metil ester hasil perhitungan. Berikut merupakan salah satu contoh grafik konsentrasi

hasil perhitungan dan konsentrasi hasil tebakan sistem.

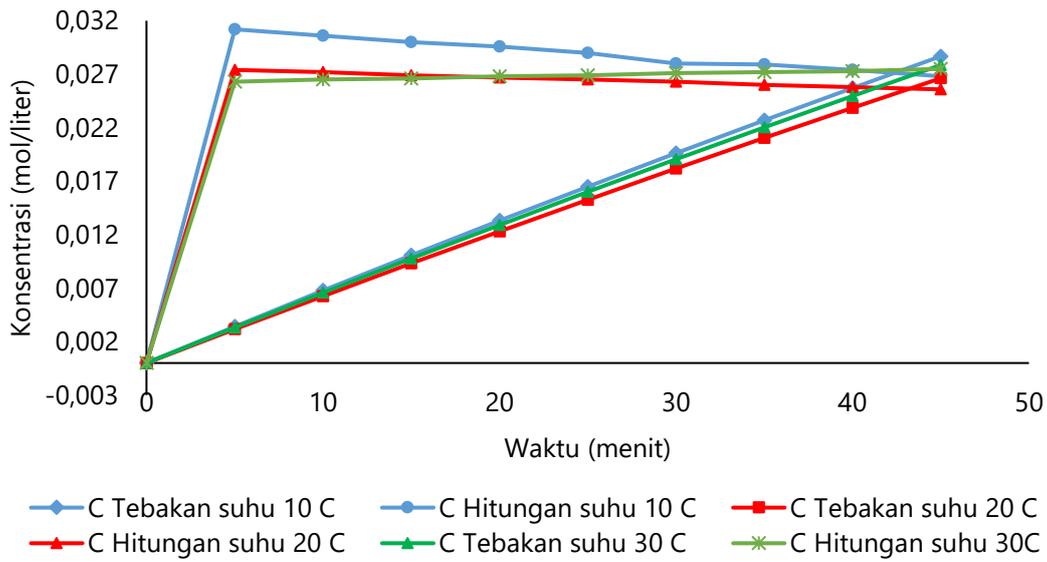
Berdasarkan Gambar 2, pengolahan data hasil percobaan pada suhu 10°C, 20°C, 30°C dikatakan benar, karena data kalkulasi dengan data yang diketahui hampir sama dan berdekatan, yaitu pada suhu 10°C konsentrasi metil ester hasil perhitungan pada menit ke 45 sebesar 0,0268 mol/L dan hasil tebakan matlab sebesar 0,0286 mol/L, pada suhu 20°C konsentrasi metil ester menit ke 45 hasil perhitungan sebesar 0,0256 mol/L dan hasil tebakan sebesar 0,0266 mol/L, yang terakhir pada suhu 30°C hasil perhitungan konsentrasi metil ester menit ke 45 sebesar 0,0275 mol/L dan hasil tebakan sebesar 0,0278 mol/L.

Hal ini juga dibuktikan dengan nilai *resnorm* mendekati angka 0, pada suhu 10°C sebesar 0,000775, suhu 20°C sebesar 0,00063, dan suhu 30°C sebesar 0,000655. Pembuktian yang lain juga yaitu nilai konsentrasi reaktan seperti minyak nabati pada data hasil tebakan matlab mengalami penurunan dan nilai konsentrasi gliserol mengalami kenaikan, berikut Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan grafik hasil percobaan pada salah satu variasi suhu 10°C.

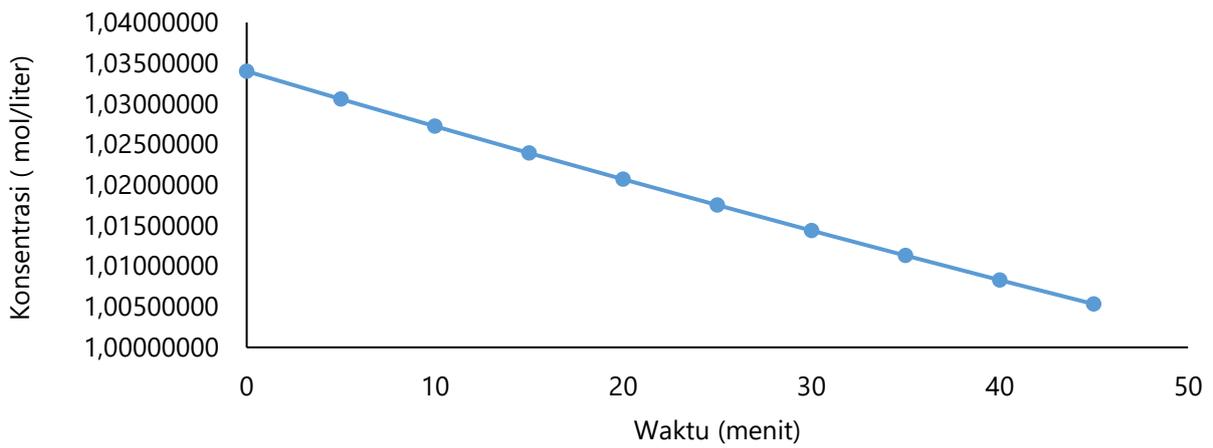
Berdasarkan data tersebut, hal ini membuktikan bahwa reaktan telah terkonversi membentuk produk dan jumlah produk semakin lama semakin meningkat dan banyak. Dikarenakan grafik nilai penurunan konsentrasi reaktan, dan grafik kenaikan pada produk utama dan produk samping dapat membuktikan bahwa hasil olah data dengan *software* matlab sudah benar dan sesuai teori. Setelah dilakukan *trial error* untuk olah data menggunakan matlab, maka diperoleh data parameter yang dicari pada masing-masing variabel. Nilai konstanta reaksi (*k*), difusivitas senyawa (*D*) dan konstanta dielektrik (*ε*) pada variabel suhu yang dilakukan mempunyai hasil yang berbeda satu sama lain, berikut pada Tabel 3 terdapat data parameter diberbagai suhu yang telah diketahui.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Yield* Metil Ester Biji Mahoni

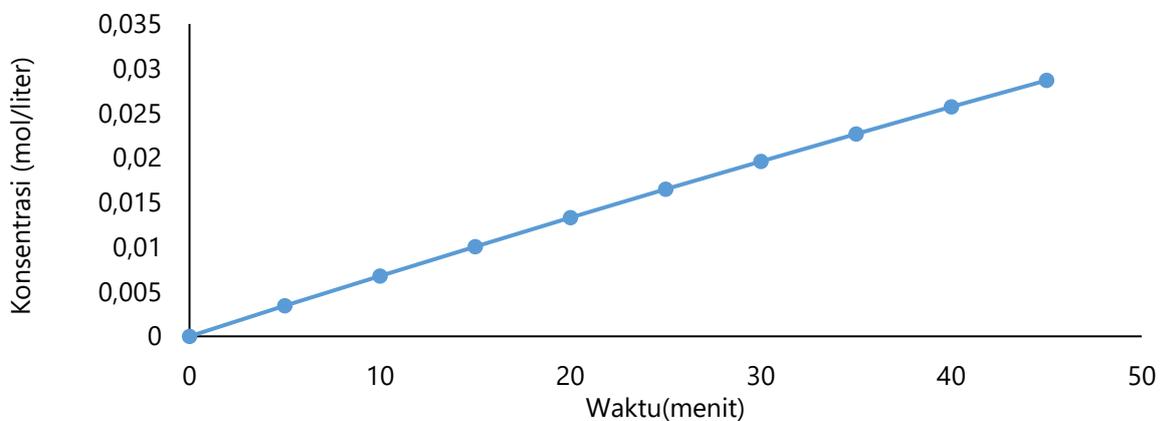
Suhu (°C)	% Metil Ester	
	15 Menit	45 Menit
10	95,57	85,22
20	85,519	81,329
30	84,53	87,311



Gambar 2. Grafik konsentrasi metil ester pada variasi suhu



Gambar 5. Konsentrasi minyak nabati vs waktu pada suhu 10°C



Gambar 6. Konsentrasi Gliserol vs waktu pada suhu 10°C

Tabel 3. Data nilai parameter matematik pada berbagai suhu

Suhu (°C)	k (dm ³ /mol.menit)	Da (Difusivitas metanol) (dm ³ /menit)	Db (Difusivitas minyak) (dm ³ /menit)	Dc (Difusivitas metil ester) (dm ³ /menit)	Dd (Difusivitas gliserol) (dm ³ /menit)	ε
10	0,065	8 x 10 ⁻¹⁰	8 x 10 ⁻¹⁰	6,3 x 10 ⁻⁹	1 x 10 ⁻⁹	23,12
20	0,06	1,6 x 10 ⁻¹⁰	1,8 x 10 ⁻¹⁰	6,62 x 10 ⁻⁹	1,3 x 10 ⁻¹⁰	23,12
30	0,063	2 x 10 ⁻¹⁰	2 x 10 ⁻¹⁰	7,18 x 10 ⁻⁹	1 x 10 ⁻¹⁰	23,12

Data yang diketahui di Tabel 3 menampilkan bahwa nilai konstanta kecepatan reaksi (k) pada suhu 10°C memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan suhu yang lain. Menurut persamaan arhenius bahwa nilai konstanta kecepatan reaksi berbanding lurus dengan suhu, meningkatnya suhu reaksi akan menyebabkan peningkatan energi kinetik molekul sehingga tumbukan antara molekul semakin besar dan membuat laju reaksi semakin meningkat (Poerwadi *et al.*, 2019). Hal ini menyebabkan reaksi yang berjalan semakin cepat dan akan memperoleh hasil rendeman yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat. Namun, dalam penelitian kali ini nilai konstanta kecepatan reaksi tertinggi pada suhu paling rendah yaitu 10°C sebesar 0,065 dm³/mol.menit, salah satu penyebab yang membuat hasil penelitian berbanding terbalik dengan teori yaitu pelarut yang digunakan dalam reaksi merupakan tetrahidrofuran, senyawa tetrahidrofuran dapat bekerja dengan baik dalam suhu rendah.

Data yang diketahui selanjutnya yaitu nilai difusivitas tiap senyawa, baik reaktan (metanol, minyak nabati) dan produk (metil ester, gliserol). Hasil data yang diketahui pada penelitian kali ini, diketahui bahwa pada suhu 10°C memiliki nilai difusivitas yang lebih tinggi dibanding variabel suhu yang lain, yaitu nilai difusivitas metanol sebesar 8 x 10⁻¹⁰ dm³/menit, nilai difusivitas minyak sebesar 8 x 10⁻¹⁰ dm³/menit, nilai difusivitas metil ester sebesar 6,3 x 10⁻⁹ dm³/menit, dan difusivitas gliserol sebesar 1 x 10⁻⁹ dm³/menit. Teori menyatakan bahwa difusivitas zat meningkat dengan kenaikan suhu. Menurut Adiandarsi *et al.* (2021) bahwa kenaikan suhu berhubungan langsung dengan peningkatan tekanan yang mempengaruhi frekuensi tumbukan antara partikel. Akibatnya, kecepatan molekul pun bertambah. Dengan meningkatnya mobilitas partikel, kecepatan pelarutan solut juga lebih cepat daripada pada suhu yang lebih rendah dan *yield*

yang dihasilkan pun lebih tinggi. Salah satu penyebab yang membuat hasil penelitian berbanding terbalik dengan teori yaitu pelarut yang digunakan dalam reaksi merupakan tetrahidrofuran, senyawa tetrahidrofuran dapat bekerja dengan baik dalam suhu rendah. Oleh karena itu, hasil nilai difusivitas paling tinggi di suhu yang rendah.

Data terakhir yang didapatkan yaitu nilai konstanta dielektrik. Nilai konstanta dielektrik berhubungan dengan pelarut yang digunakan, pelarut dengan konstanta dielektrik tertentu, dapat mempengaruhi solubilitas reaktan dan produk serta kecepatan reaksi. Menurut (Luviana *et al.*, 2023) bahwa bahwa kepolaran suatu pelarut dapat dilihat dari nilai konstanta dielektrik-nya, semakin tinggi nilai konstanta dielektrik maka derajat kepolaran semakin besar, hasil rendeman ekstrak dengan pelarut methanol lebih tinggi dibanding pelarut yang lain karena nilai konstanta dielektrik metanol lebih besar yaitu 33,64.

Hasil data yang diperoleh pada semua variabel suhu menunjukkan bahwa nilai konstanta dielektrik campuran nilainya sama yaitu 23,12. Hal ini dikarenakan pada variabel suhu tersebut pelarut dan *co-solvent* yang digunakan sama yaitu metanol dan tetrahidrofuran (nilai konstanta dielektrik 7,58), dan karena nilai konstanta dielektrik berpengaruh ke jenis pelarut, maka wajar dalam penelitian kali ini nilai yang didapatkan pada variabel suhu hasilnya sama.

KESIMPULAN

Hasil *yield* biodiesel yang didapatkan pada suhu 10°C sebesar 85,2%, pada suhu 20°C sebesar 81,3%, dan pada suhu 30°C sebesar 87,3%. Nilai konstanta kecepatan reaksi dan difusivitas paling besar di suhu 10°C yaitu sebesar 0,065 dm³/mol.menit, difusivitas metanol, minyak nabati, metil ester dan gliserol secara berturut-turut yaitu

8×10^{-10} ; 8×10^{-10} ; $6,3 \times 10^{-9}$; 1×10^{-9} dm³/menit. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk memperbanyak uji karakteristik biodiesel sesuai SNI agar biodiesel yang dihasilkan mempunyai data karakteristik yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiandasari, J., Wusnah, & Azhari. 2021. Pengaruh Suhu dan waktu Terhadap Proses Penyulingan Minyak Sereh Wangi (Cimbopogon nardus L.). *Chemical Engineering Journal Storage*, 1(1): 22–28. DOI: 10.29103/cejs.v1i1.1493
- Aini, Z., Yahdi, Y., & Sulistiyana, S. 2020. Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Cangkang Telur Ayam Ras dengan Perlakuan Suhu yang Berbeda. *Spin Jurnal Kimia & Pendidikan Kimia*, 2(2): 98–115. DOI: 10.20414/spin.v2i2.2723.
- Alfianita, R.A.L. 2019. Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu Terhadap Rendemen Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan katalis Abu layang Batubara (Fly Ash) Melalui Proses Transesterifikasi. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Ambat, I., Srivastava, V., Iftekhar, S., Haapaniemi, E., & Sillanpää, M. 2020. Effect of different co-solvents on biodiesel production from various low-cost feedstocks using Sr–Al double oxides. *Renewable Energy*, 146: 2158–2169. DOI: 10.1016/j.renene.2019.08.061
- Anwar, S., Permana, H., & Susanto, I. 2022. Analisa Kinerja Motor Bakar Bensin 4 Langkah Menggunakan Bahan Bakar dari Minyak Plastik. *Metrik Serial Humaniora Dan Sains*, 3(2): 16–23.
- Daryono, D.E., Dewi, R.K., & Hudha, M.I. 2022. Pengaruh Suhu dan Waktu pada Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Pagar Menjadi Metil Ester dengan Katalis KOH. *Prosiding SENIATI*, 13: 113–122. DOI: 10.36040/seniati.v6i1.4918
- Daryono, E. D., Sintoyo, A., & Chandra Gunawan, R. 2020. Transesterifikasi In Situ Minyak Biji Pepaya Menjadi Metil Ester dengan Co-Solvent N-Heksana Menggunakan Microwave. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 4(1): 17–26.
- Dolores, R.D., & Grande Almudena, Q. 2020. Simultaneous Oil Sono-Extraction And Sono-Transesterification (In Situ) Of Soybean And Sunflower Seeds For The Production Of Biodiesel.. *Research Square*, p.1–19. DOI: 10.21203/rs.3.rs-41639/v1
- Fadhillah, G. N., & Sari, D.A. 2023. Produksi biodiesel yang berbahan baku kelapa sawit katalis homogen dan heterogen. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 37: 87–94. DOI: 10.31941/jurnalpena.v37i2.2484
- Firdaus, Z.D., Sumarmiyati, F.O., Wahyudi, B., & Murti, S.S. 2023. Sintesis Green Diesel dari Variasi Feedstock dan Katalis dengan Proses Hidrogenasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(2): 76–83. DOI: 10.33005/jurnal_tekkim.v17i2.3786
- Hartono, R., Denny, Y.R., Assaat, L.D., & Ramdani, S.D. 2022. Penyuluhan Pemanfaatan Minyak Jelantah Menggunakan Reaktor Biodiesel Bersikulasi Pada Nelayan Krangantu Serang Banten. *Komunitas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2): 91–100. DOI: 10.31506/komunitas:jpkm.v2i2.18418
- Luviana, A., Putri, A., Alatif, I.A., Nurulgina, R., Permatasari, R.P., Sihombing, R.P., & Paramitha, T. 2023. Pengaruh Pelarut dan Daya Microwave terhadap Hasil Ekstrak Daun Pepaya dengan Metode Microwave Assisted Extraction. *Prosiding The 14th Industrial Research Workshop and National Seminar*, p.213–217. DOI: 10.35313/irwns.v14i1.5388
- Mandei, J.H., Edam, M., Assah, Y., Makalalag, A., & Silaban, D. 2020. Metil Ester Minyak Kelapa Murni yang Telah Diekstrak Senyawa Fenolik dengan Variasi Waktu Transesterifikasi. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2): 309–319. DOI: 10.26578/jrti.v14i2.6557
- Musta, R., Nurliana, L., & Halulanga, Muh. M. 2021. Synthesis of Methyl Ester Nitrate from Mahogany Seed Oil (Swietenia mahagoni Linn). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 9(1): 63–68. DOI: 10.30598/ijcr.20 2 1.9-rus
- Nguyen, T.T., Lam, M.K., Cheng, Y.W., Uemura, Y., Mansor, N., Lim, J.W., Lim, S. 2021. Reaction kinetic and thermodynamics studies for in-situ transesterification of wet microalgae paste to biodiesel. *Chemical Engineering Research and Design*, 169: 250–264. DOI: 10.1016/j.cherd.2021.03.021
- Oko, S., Kurniawan, A., & Rahmatina, J. 2021. Pengaruh Perbandingan Massa Ca dan C

- pada Katalis NaOH/CaO/C dalam Sintesis Biodiesel Menggunakan Minyak Jelantah. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 1–6. Bandung.
- Oko, S., Kurniawan, A., & Willain, D. 2021. Sintesis Biodiesel dari Minyak kedelai Melalui Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis CaO/NaOH. *Jurnal Teknologi*, 13(1): 1–6. DOI: 10.24853/jurtek.13.1.1-6
- Pasae, Y. 2020. Studi Kinetika reaksi Esterifikasi Pada proses Produksi Biodiesel dari minyak Kelapa Sawit. *Journal Techno Entrepreneur Acta*, 5(2): 89–92. DOI: 10.31960/tea.v5i1
- Poerwadi, B., Ismuyanto, B., Rosyadi, A.R., & Wibowo, A.I. 2019. Kinetika Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Microwave Pada Produksi Biodisel Dari Minyak Jarak. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 3(1): 6–11. DOI: 10.21776/ub.rbaet.2019.003.01.02
- Ramdhoani, & Javandira, C. 2023. Eksplorasi tanaman yang Berpotensi Sebagai Sumber Bahan Bakar Nabati di Bukit Jimbaran, Bali. *Ganec Swara*, 17: 1089–1092. DOI: 10.35327/gara.v17i3.548
- Ridwan, I., Budiastuti, H., Indarti, R., Wahyuni, N.L.E., Safitri, H.M., & Ramadhan, R.L. 2023. The optimization of tetrahydrofuran as a co-solvent on biodiesel production from rubber seeds using response surface methodology. *Materials Science for Energy Technologies*, 6: 15–20. DOI: 10.1016/j.mset.2022.11.002
- Robiah, Marhaini, & Rosyada, A. 2023. Co-Solvent Tetrahydrofuran In The Production Of Biodiesel From Used Cooking Oil using The Transesterification Method. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 10(3): 1–12. DOI: 10.29121/ijetmr.v10.i3.2023.1274
- Suseno, S. H., Jacoeb, A. M., & Abdulatip, D. 2019. Stabilitas Minyak Ikan Komersial (Soft Gel) Impor di Beberapa Wilayah Jawa Timur. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3): 589–600.
- Thangaraj, B., & Solomon, P.R. (2020). Scope of biodiesel from oils of woody plants: A review. *Clean Energy*, 4: 89–106. DOI: 10.1093/ce/zka a006
- Wicaksono, A.R., Swastawati, F., & Anggo, A.D. 2023. Fatty acid profile and changes in quality of smoked barracuda fish (*Sphyraena jello*) with different concentrations of liquid smoke. *Food Research*, 7(Supplementary 3): 44–50. DOI: 10.26656/fr.2017.7(s3).7