



**PENGARUH SUHU DAN WAKTU REAKSI TRANSESTERIFIKASI
MINYAK BIJI BUNGA MATAHARI TERHADAP METIL ESTER
DENGAN KATALIS NaOH**

Muhammad Rifki Aulia, Azhari*, Meriatna, Zainuddin Ginting, Novi Sylvia

Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia,

Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

*E-mail: azhari@unimal.ac.id

ABSTRACT

The rapid development of technology and science has made vegetable oil not only as a consumption material, but also into something more useful, namely alternative renewable fuel oil, one of which is biodiesel which is an alternative fuel to replace diesel. The purpose of this study was to examine the effect of temperature and time of the transesterification reaction on the characteristics of the biodiesel produced. The expected results are results that are in accordance with the characteristics of biodiesel with SNI parameters. This research was conducted by mixing sunflower seed oil with methanol as a solvent with a NaOH catalyst with a mole ratio of reactants 1:6. Then the variation of reaction time was determined, namely 70 minutes, 80 minutes and 90 minutes, and the reaction temperature was 50°C, 55°C, 60°C and 65°C, respectively. After biodiesel is obtained, characteristic testing is carried out. The results showed that the best biodiesel quality was obtained at a temperature of 60°C with a reaction time of 90 minutes with the following characteristics: Yield = 80.76%; density = 0.85 gr/ml; viscosity = 2.38 cSt; water content = 0.03 %vol and acid number = 0.5 mg-KOH/g. Thus, it can be concluded that the biodiesel produced is in accordance with the characteristics of the standardization parameters of SNI-7182-2019 regarding biodiesel.

Keywords: Biodiesel, Methanol, Sunflower Seed Oil, Transesterification.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dan keilmuan yang pesat, menjadikan minyak nabati tak hanya sebagai bahan konsumsi, namun juga menjadi sesuatu yang lebih berguna, yakni bahan bakar minyak alternatif yang dapat diperbaharui, salah satunya adalah biodiesel yang merupakan bahan bakar alternatif pengganti solar. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan. Hasil yang diharapkan adalah hasil yang sesuai dengan karakteristik biodiesel dengan parameter SNI. Penelitian ini dilakukan dengan cara mencampurkan minyak biji bunga matahari

dengan pelarut methanol dengan katalis NaOH dengan perbandingan mol reaktan yaitu 1:6. Kemudian ditentukan variasi waktu reaksinya yaitu berturut-turut 70 menit, 80 menit dan 90 menit, serta suhu reaksi yaitu berturut-turut 50°C, 55°C, 60°C dan 65°C. Setelah biodiesel didapatkan, maka dilakukanlah pengujian karakteristik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas biodiesel terbaik didapatkan pada suhu 60°C dengan waktu reaksi 90 menit dengan karakteristik sebagai berikut: Yield = 80,76%; densitas = 0,85 gr/ml; viskositas = 2,38 cSt; kadar air = 0,03 %vol dan bilangan asam = 0,5 mg-KOH/g. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwasanya biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik parameter standarisasi SNI-7182-2019 tentang biodiesel.

Kata kunci: Biodiesel, Metanol, Minyak Biji Bunga Matahari, Transesterifikasi.

1. Pendahuluan

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti minyak diesel yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau lemak hewan. Penggunaan biodiesel dapat dicampur dengan *petroleum diesel* (solar). Biodiesel mudah digunakan, bersifat *biodegradable*, tidak beracun, dan bebas dari sulfur dan senyawa aromatik. Selain itu biodiesel mempunyai nilai *flashpoint* (titik nyala) yang lebih tinggi dari *petroleum diesel* sehingga lebih aman jika disimpan dan digunakan (Darmawan, 2013), karena bahan bakunya yang berasal dari minyak nabati sehingga dapat diperbaharui, dapat dihasilkan secara periodik dan mudah diperoleh. Selain itu harganya relatif stabil dan produksinya mudah disesuaikan dengan kebutuhan. Biodiesel juga merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak mengandung belerang sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh hujan asam (*rain acid*) (Aziz, 2011). Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan (*renewable*), dengan komposisi ester asam lemak dari minyak nabati antara lain: minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk, dan masih ada lebih dari 30 macam tumbuhan Indonesia yang potensial untuk dijadikan biodiesel (Darmawan, 2013).

Biodiesel memiliki beberapa keunggulan diantaranya efisiensi pembakaran dan angka setana yang lebih tinggi dari pada bahan bakar diesel turunan minyak bumi. Biodiesel memiliki kandungan senyawa sulfur dan aromatik yang lebih rendah daripada bahan bakar diesel sehingga emisi gas

berbahaya hasil pembakarannya lebih rendah daripada emisi bahan bakar *diesel* turunan minyak bumi. Selain itu biodiesel juga dapat terdegradasi secara alami. Lebih dari 90% biodiesel dapat terdegradasi secara biologis selama 21 hari (Mudge, 1999).

Tabel 1.1 Standarisasi Biodiesel SNI 2019

No	Parameter Uji	Satuan (min/maks)	Persyaratan	Metode Uji Alternatif
1	Berat jenis pada 40°C	Kg/m ³	850-890	SNI 7182:2015
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0	SNI 7182:2015
3	Angka setana	Min	51	SNI 7182:2015
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	130	SNI 7182:2015
5	Kadar Air	ppm, maks	350	ASTM D-6304
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		nomor 1	SNI 7182:2015
7	Residu karbon Dalam percontoh asli, atau	%-berat, maks	0,05	SNI 7182:2015
	-dalam 10% ampas distilasi		0,3	SNI 7182:2015
8	CFPP (<i>Cold Filter Plugging Point</i>)	Maks	3	ASTM D-6371
9	Temperatur distilasi	°C, maks	360	SNI 7182:2015
10	Abu tersulfaktan	% berat, maks	0,02	SNI 7182:2015
11	Belerang	mg/k, maks	10	SNI 7182:2015
12	Fosfor	mg/k, maks	4	SNI 7182:2015
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5	SNI 7182:2015
14	Gliserol bebas	%-berat, maks	0,02	SNI 7182:2015

15	Gliserol total	%-berat, maks	0,24	SNI 7182:2015
16	Kadar ester metil	%-berat, min	96,5	SNI 7182:2015
17	Angka iodium	%berat (d-12/100g), maks	115	SNI 7182:2015
18	Kadar monogliserida	%-berat. Maks	0,55	SNI 7182:2015
19	Logam I (Na+k)	mg/kg, maks	5	EN 14108/14109, EN 14538
20	Logam II (Ca+Mg)	mg/kg, maks	5	EN 14538
21	Total kontaminan	mg/liter, maks	20	ASTM D 2276 ASTM D 5452 ASTM D 6217
22	Warna	Maks	3	ASTM D-1500
23	Kestabilan oksidasi periode induksi metode rancimat, atau	Menit	600	SNI 7182:2015
24	Periode induksi metode petroksisa		45	SNI 7182:2015

(Sumber: SNI-7182-2019)

Biodiesel tidak mengandung nitrogen atau senyawa aromatik dan hanya mengandung kurang dari 155 ppm (*partpermillion*) sulfur. Biodiesel mengandung 11% oksigen dalam persen berat yang keberadannya mengakibatkan berkurangnya kandungan energi namun menurunkan kadar emisi gas buang yang berupa berupa karbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), partikulat dan jelaga. Kandungan energi biodiesel 10% lebih rendah bila dibandingkan dengan solar, sedangkan efisiensi bahan bakar biodiesel lebih kurang dapat dikatakan sama dengan solar, yang berarti, daya dan torsi yang dihasilkan proporsional dengan kandungan nilai kalor pembakarannya. Kandungan asam lemak dalam minyak nabati yang merupakan bahan baku dari biodiesel menyebabkan bahan bakar biodiesel sedikit kurang stabil dibandingkan dengan solar, kestabilan yang tidak

stabil dapat meningkatkan kandungan asam lemak bebas, menaikkan viskositas, terbentuknya *gums*, dan terbentuknya sedimen yang dapat menyumbat saringan bahan bakar (Hikmah, 2010).

Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai material dalam pembuatan biodiesel adalah tanaman bunga matahari, tanaman bunga matahari Bunga matahari (*Helianthus annus L.*) termasuk famili Asteraceae. Minyak biji bunga matahari mengandung asam lemak tidak jenuh yaitu asam linoleat sebanyak 44-72% dan asam oleat sebanyak 11,7%. Sedangkan untuk asam lemak jenuh yaitu asam palmitat sebanyak 4-9% dan asam stearat sebanyak 1-7%. Kandungan minyak pada biji bunga matahari cukup besar yaitu sekitar 48%-52%. Di sisi lain, kandungan minyak yang cukup besar dari biji bunga matahari ini bisa dimanfaatkan untuk bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi yaitu biodiesel. Minyak biji bunga matahari merupakan trigliserida yang tersusun atas asam lemak dan gliserol yang memiliki rantai karbon panjang. Biji bunga matahari ini juga mengandung 45%-50% lipid, sehingga memungkinkan untuk dijadikan bahan bakar alternatif. Produk yang ingin diperoleh dari proses pengolahan biji bunga matahari ini adalah metil ester, yang bisa digunakan untuk menggantikan minyak bumi. Metil ester merupakan bahan kimia dasar turunan minyak dan lemak, yang diproduksi dengan proses alkoholisis, dimana minyak atau lemak tersebut direaksikan dengan methanol atau biasa disebut dengan proses methanolisis. Biodiesel bisa dibuat dari pengolahan minyak biji bunga matahari dengan proses transesterifikasi yang berguna untuk mereaksikan trigliserida dalam minyak dengan methanol membentuk gliserin dan metil ester yang digunakan sebagai biodiesel. Kemudian untuk tahap yang terakhir adalah tahap refinery atau tahap pemurnian biodiesel untuk memperoleh biodiesel dengan tingkat kemurnian yang tinggi.

Reaksi transesterifikasi digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Pemilihan dan penggunaan katalis dalam proses transesterifikasi merupakan bagian yang sangat penting. Variabel yang digunakan dalam pemilihan katalis adalah perbedaan persen katalis berbanding berat minyak. Katalis yang digunakan adalah katalis padat NaOH. Dipilih menggunakan katalis padat karena katalis padat mempunyai kecenderungan mudah untuk berpisah tanpa menggunakan

pemisahan yang kompleks. Digunakan tiga titik pengambilan variabel konsentrasi untuk mengetahui konsentrasi mana yang dapat memberikan hasil paling baik dalam proses transesterifikasi. Penggunaan katalis dapat berpengaruh terhadap hasil yang didapatkan. Dari segi lama waktu reaksi bergantung pada karakteristik masing-masing katalis. (Daru, 2016)

Selanjutnya biodiesel yang dihasilkan, akan dilakukan karakterisasi *yield*, bilangan asam, densitas, kadar air, viskositas, serta analisis menggunakan instrument GC-MS (Gas Chromatography).

2. Bahan dan Metode

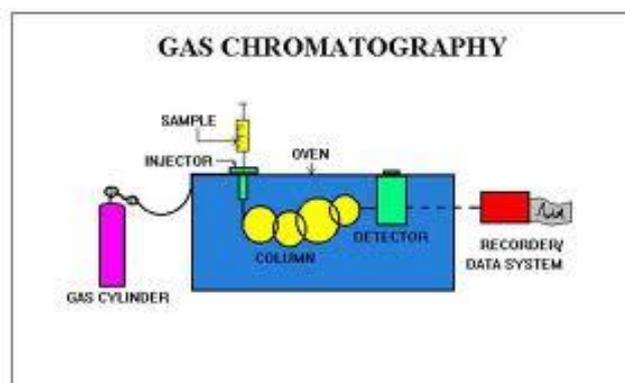
Adapun bahan yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain adalah minyak biji bunga matahari (*sunflower seed oil*) sebagai bahan baku yang memiliki massa molar sebesar 86 gr/mol dan berat minyak yang digunakan yaitu sebanyak 100 gram, methanol teknis dengan kemurnian 96% sebagai pelarut dengan massa molar sebesar 32,04 gr/mol dengan jumlah yang digunakan sebanyak 282 ml, lalu katalis NaOH padat sebanyak 1%. Sedangkan jumlah perbandingan mol antara minyak dan methanol yaitu 1:6. Adapun bahan pendukung lainnya yaitu indikator PP dan larutan KOH 0,1 N yang diperlukan untuk melakukan pengujian kadar asam lemak bebas dan bilangan asam pada minyak biji bunga matahari.

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari persiapan bahan baku, lalu dilanjutkan ke tahap pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi dan kemudian dilakukan uji Analisa pada biodiesel yang telah didapatkan. Adapun variasi percobaan dilakukan terhadap waktu reaksi yaitu berturut-turut 70 menit, 80 menit, dan 90 menit, serta suhu reaksi yaitu berturut-turut 50°C, 55°C, 60°C, dan 65°C.

Sebelum bahan baku direaksikan maka perlu diuji terlebih dahulu kadar asam lemak bebasnya. Hal ini dilakukan karena, salah satu syarat agar reaksi transesterifikasi berjalan dengan baik adalah kadar asam lemak bebas pada bahan baku harus dibawah 2%. Apabila syarat tersebut terpenuhi maka Tindakan selanjutnya dapat dilanjutkan ke tahap reaksi.

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan metode reaksi transesterifikasi, yang mana sebelum tahapan reaksi dilakukan, minyak harus dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu yang telah ditentukan. Lalu dilanjutkan dengan menambahkan methanol serta katalis secara bersamaan dan diaduk pada kecepatan 400 rpm dengan durasi waktu reaksi yang telah ditentukan. Setelah waktu reaksi tercapai maka dilanjutkan ke tahapan pengendapan selama 24 jam hingga reaktan berubah menjadi dua lapisan yaitu metil ester dan gliserol. Setelah lapisan terbentuk, maka dilanjutkan dengan memisahkan antara metil ester dengan produk samping yaitu gliserol. Metil ester yang didapatkan kemudian dicuci dengan air panas dengan suhu 70°C yang bertujuan untuk melarutkan methanol dan katalis sehingga didapatkan produk utama yaitu metil ester. Metil ester yang telah dicuci lalu dilanjutkan ke tahap pemurnian pada seperangkat alat distilasi sehingga didapatkan biodiesel dengan kemurnian yang tinggi.

Karakterisasi pada biodiesel dilakukan dengan uji *yield* untuk mengetahui seberapa banyak biodiesel yang didapatkan, densitas untuk mengetahui berat jenis biodiesel, viskositas untuk mengetahui tingkat kekentalan pada biodiesel, kadar air dan bilangan asam yang terkandung pada biodiesel serta uji komposisi senyawa dengan menggunakan GC-MS. Adapun karakterisasi yang diharapkan adalah yang sesuai dengan standarisasi SNI-7182-2019.



Gambar 1. Skema GC-MS

3. Hasil dan Diskusi

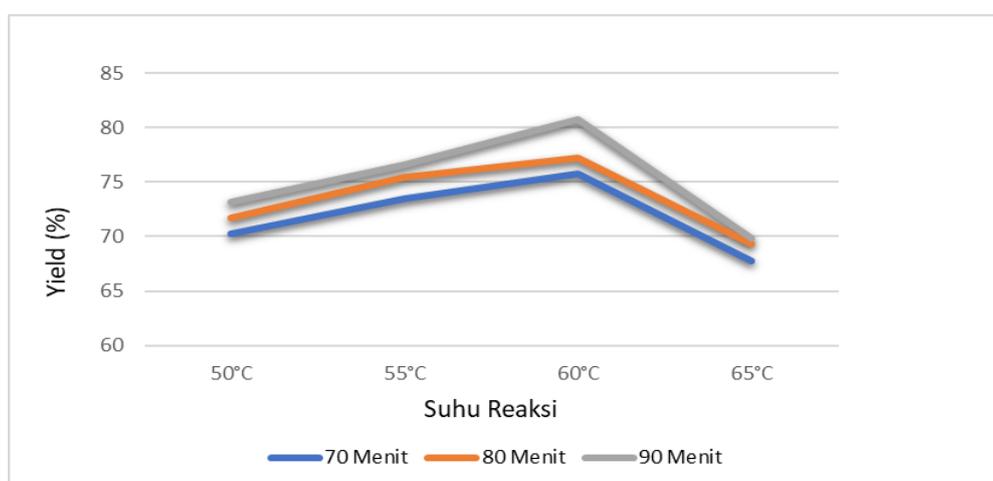
3.1 Karakterisasi Biodiesel

Karakterisasi pada biodiesel dilakukan dengan percobaan *yield*, densitas, viskositas, kadar air dan bilangan asam serta uji komposisi senyawa menggunakan GC-MS

3.2 Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap *Yield* (%)

Gambar 2 Hasil reaksi mengalami kenaikan dari rentang suhu 50°C hingga 60°C, namun mengalami penurunan pada suhu 65°C. Dapat dilihat dari grafik bahwasanya semakin lama waktu reaksi dan semakin tinggi waktu reaksi, *yield* yang didapatkan akan semakin banyak. Namun pada suhu 65°C, *yield* cenderung turun dikarenakan suhu 65°C telah melewati titik didih metanol yaitu suhu 64,7°C.

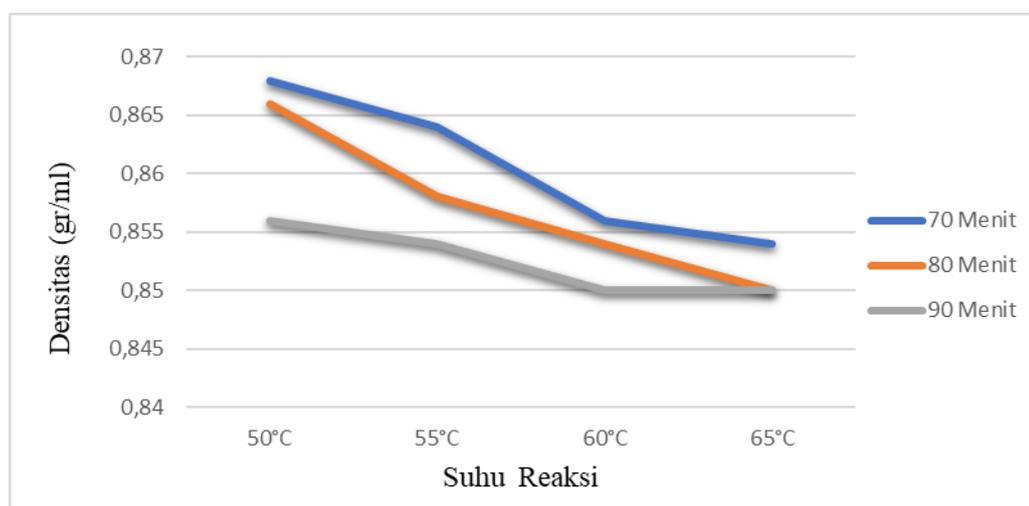
Kenaikan nilai *yield* ini dikarenakan adanya pengaruh suhu dan durasi waktu reaksi yang terjadi pada saat proses transesterifikasi pada produksi biodiesel menyebabkan semakin banyak molekul-molekul minyak yang bereaksi dengan metanol membentuk metil ester. Menurut Sukamta, dkk (2018), bahwa volume reaktan 1:6 terbilang cukup efisien dan peluang molekul dipengaruhi oleh perubahan suhu pada gambar 4.1 bahwa suhu reaksi dan waktu reaksi optimum yaitu pada suhu 60°C untuk reaksi transesterifikasi. Apabila menggunakan suhu terlalu tinggi maka akan menyebabkan kesetimbangan reaksi terganggu



Gambar 2. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap *Yield* (%)

Walaupun demikian *yield* yang didapatkan masih cenderung rendah dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Hal ini disebabkan oleh komposisi minyak biji bunga matahari yang mengandung trigleserida yang tersusun dari asam lemak tak jenuh jamak dalam jumlah yang banyak diantaranya adalah asam oleat dan asam linoleat yang bersifat cair. Menurut Yitnowati et al., (2008), keberadaan gliserol yang tinggi dalam larutan alkil ester akan mendorong reaksi berbalik ke kiri membentuk monogliserida, sehingga *yield* alkil ester (biodiesel) menjadi berkurang.

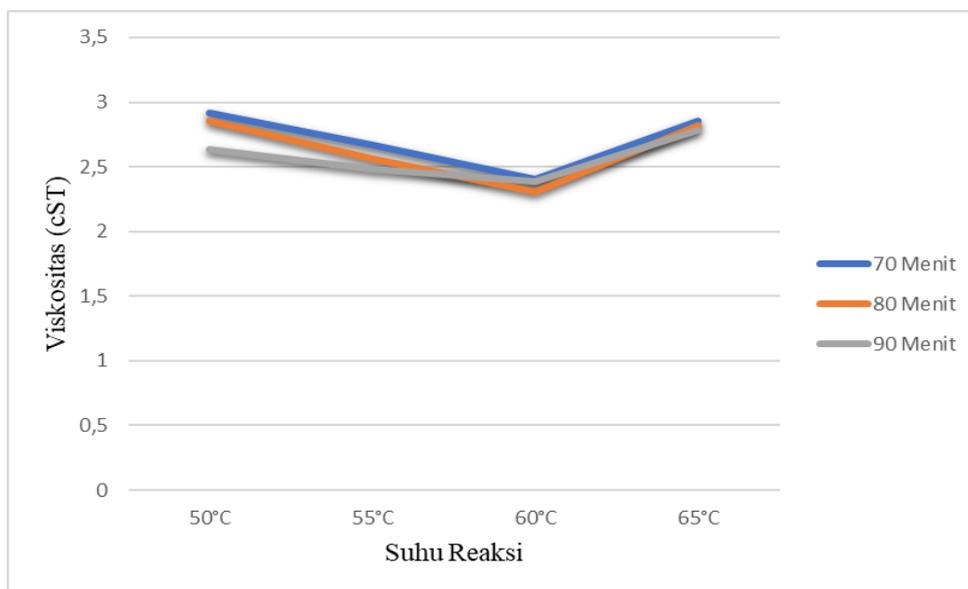
3.3 Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Densitas (gr/ml)



Gambar 3. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Densitas (gr/ml)

Gambar 3 menunjukkan bahwasanya bahwa nilai densitas cenderung mengalami penurunan nilai densitas secara signifikan seiring bertambahnya waktu dan suhu reaksi. Hal ini disebabkan oleh reaksi oksidasi yang terjadi selama proses reaksi yang mengakibatkan ikatan molekul pada minyak merenggang. Dari hasil penelitian, didapatkan nilai densitas sesuai dengan standar SNI yang mana dalam standar densitas SNI biodiesel yaitu pada *range* 0,85-0,89 gr/cm³. Hal ini di karenakan proses distilasi sudah dilakukan dengan baik sehingga kandungan *impurities* di dalam sampel bisa dikatakan sangat kecil.

3.4 Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Viskositas (cSt)

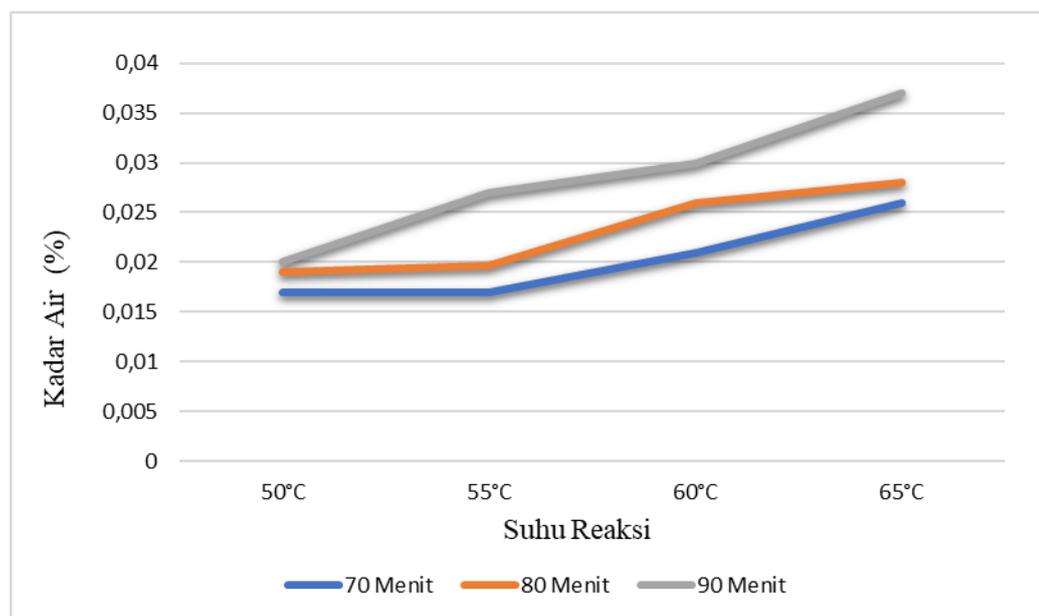


Gambar 4. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Viskositas (cSt)

Gambar 4.3 bahwa nilai viskositas biodiesel yang didapatkan tidak konstan dan cenderung turun naik. Viskositas juga dipengaruhi oleh konversi biodiesel, semakin tinggi konversi biodiesel maka viskositas kinematik yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini disebabkan semakin sedikit kadar asam lemak bebas yang masih berada pada biodiesel yang dihasilkan tersebut atau kemungkinan masih terdapat air dalam biodiesel akibat proses pencucian. Namun pada gambar dapat dilihat bahwasanya nilai viskositas cenderung naik pada suhu 65°C. Hal ini disebabkan oleh faktor suhu yang sulit dikendalikan secara manual yang mana suhu 65°C hampir mendekati titik didih metanol yang berada di kisaran 66°C hingga 67°C yang mengakibatkan reaksi tidak berjalan optimal.

3.5 Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Kadar Air (%vol)

Kadar air adalah salah satu tolak ukur dari kualitas biodiesel. Kadar air yang tinggi dalam biodiesel akan menyebabkan turunnya panas pembakaran dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur. Kadar air yang tinggi pada minyak juga dapat menyebabkan proses hidrolisis sehingga menurunkan *yield* biodiesel yang dihasilkan. Pengaruh suhu dan waktu reaksi terhadap kadar air dapat dilihat pada gambar 4

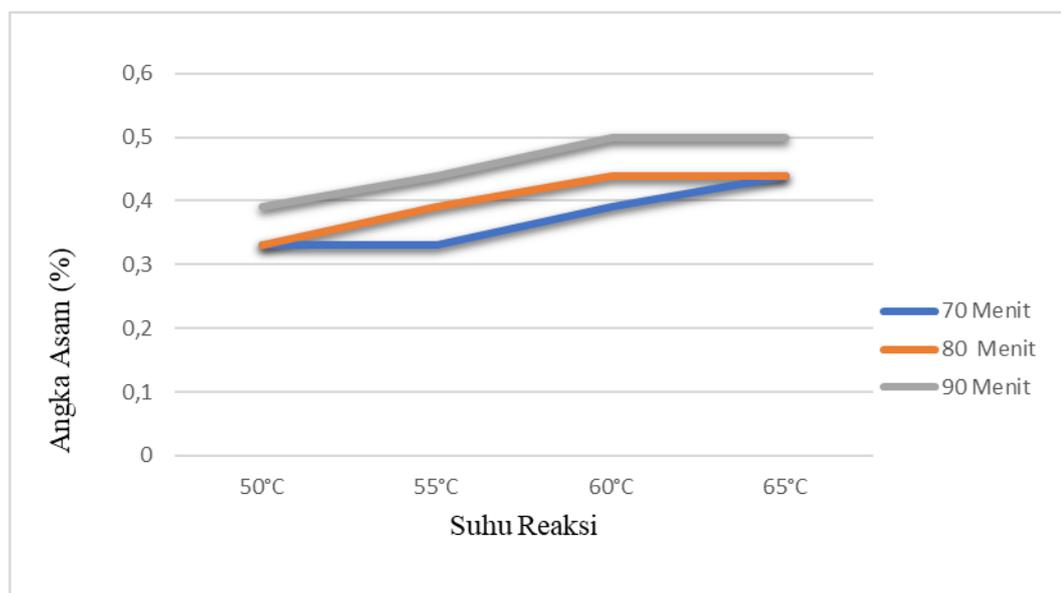


Gambar 4. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Kadar Air (% vol)

Berdasarkan hasil uji kadar air yang didapat tersebut dapat kita lihat bahwa suhu dan waktu reaksi mempengaruhi kadar air biodiesel, hasil yang didapatkan yaitu kadar air pada masing-masing sampel biodiesel dengan variasi suhu dan waktu reaksi yaitu cenderung naik. Hal ini dipengaruhi oleh suhu yang semakin tinggi serta peristiwa oksidasi yang menyebabkan akumulasi air minyak biji bunga matahari pada saat proses transesterifikasi

3.5 Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Bilangan Asam (%)

Nilai bilangan asam yang diharapkan adalah nilai bilangan asam yang rendah sehingga akan memperkecil potensi kerusakan pada material komponen mesin. Pengaruh suhu dan waktu reaksi terhadap kadar air dapat dilihat pada gambar 5.

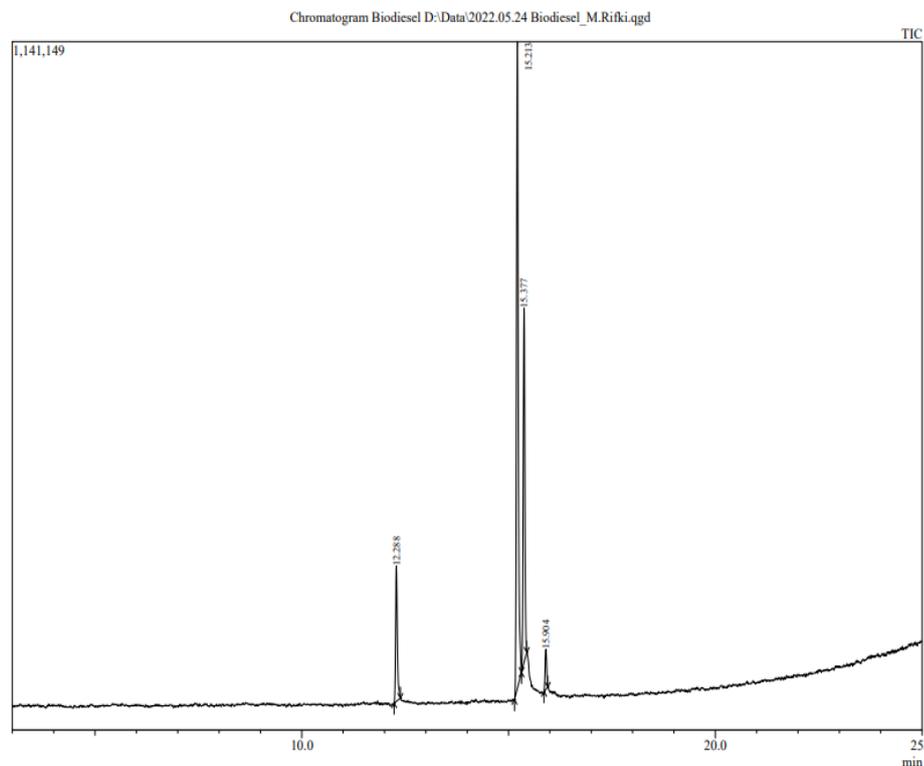


Gambar 5. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Bilangan Asam (%)

Hal ini disebabkan oleh proses oksidasi selama pemanasan berlangsung yang mengakibatkan terjadinya hidrolisis sehingga terbentuklah asam lemak bebas. Dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa nilai biodiesel yang didapatkan tidak konstan dan cenderung naik. Hal ini disebabkan oleh sedikitnya kadar asam lemak bebas pada bahan baku minyak biji bunga matahari yaitu sebesar 0,33%. Rendahnya bilangan asam pada biodiesel menunjukkan bahwasanya kualitas minyak yang digunakan adalah minyak dengan kualitas baik.

3.6 Analisa Komposisi Senyawa Hidrokarbon dalam Biodiesel

Analisa *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) merupakan analisis kualitatif dan kuantitatif yang bisa digunakan untuk mengetahui jenis kandungan asam lemak dalam biodiesel beserta kuantitasnya. *Methyl ester* biodiesel dari minyak biji bunga matahari yang telah di analisis dengan GC-MS menunjukkan empat puncak dominan seperti disajikan pada Gambar 6



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Name
1	12.288	651038	11.43	224389	11.50	2.90	Hexadecanoic acid, methyl ester
2	15.213	3230579	56.70	1072424	54.98	3.01	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester
3	15.377	1639107	28.77	587588	30.12	2.79	11-Octadecenoic acid, methyl ester
4	15.904	177054	3.11	66346	3.40	2.67	Methyl stearate
		5697778	100.00	1950747	100.00		

Gambar 6. Hasil Analisa GC-MS

Berdasarkan dari hasil GC-MS, terdapat 4 puncak metil ester. Puncak 1 terdapat asam lemak jenuh yaitu asam heksadekanoik atau asam palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$) sebesar 11,50%. Lalu pada puncak ke-2 terdapat puncak tertinggi yaitu asam oktadekadienoik atau asam linoleat ($C_{18}H_{32}O_2$) sebesar 54,98%. Pada puncak ke-3 terdapat asam lemak tak jenuh yaitu asam oktadekanoik atau asam oleat ($C_{18}H_{34}O_2$) sebesar 30,12%. Sedangkan puncak terakhir yaitu puncak ke-4 terdapat asam lemak jenuh yaitu asam stearat sebesar 3,40%. Berdasarkan hasil Analisa uji GC-MS menunjukkan bahwa data tersebut dapat dinyatakan memang benar senyawa biodiesel, yaitu metil ester

4. Simpulan dan Saran

Dari hasil penelitian pembuatan biodiesel dari minyak biji bunga matahari dengan katalis NaOH padatan, didapatkan hasil terbaik pada suhu reaksi 60°C dengan durasi waktu reaksi 90 menit, dengan nilai *yield* 80,76%. Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, biodiesel yang dihasilkan bisa dikatakan sudah memenuhi standar SNI, terbukti dengan nilai hasil parameter karakteristik biodiesel yang sudah memenuhi standarisasi SNI. Pada hasil GC-MS terdapat 4 puncak grafik yang menghasilkan metil ester.

Adapun saran yang bisa diberikan adalah diharapkan pada penelitian selanjutnya menggunakan perbandingan katalis dan katalis yang digunakan sebaiknya adalah katalis heterogen, lalu ditambahkan pengujian awal kadar air pada minyak sampel dan pengujian karakteristik yang lain seperti angka setana, angka iodium titik nyala dan titip asap serta pengujian pada mesin diesel.

5. Daftar Pustaka

1. Aziz. I. (2011). *Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas*. Jurnal Valensi 1 : 19-23
2. Arpiwi, N. L. (2015). *Produksi Biodiesel dari Biji Malapari (Pongamia pinnata (L.) Pierre)*. Karya Tulis Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Udayana
3. Badan Standardisasi Nasional. (1995). *Standar Nasional Indonesia*. Jakarta : BSN. hlm.1-2.
4. Baidawi. A., I. Latif, O. Rachmaniah. (2009) *Produksi Biodiesel Berkemurnian Tinggi Dari Crude Palm Oil (CPO) Dengan Tetrahidrofuran-Fast Single-Phase Process*. Jurusan Teknik Kimia, FTI, Institut Sepuluh Nopember
5. Christy, P. M., Gopinath, L. R., & Divya, D. (2014). A Review on Anaerobic Decomposition and Enhancement of Biogas Production Through Enzymes and Microorganisms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 167-173.
6. Darmawan. T., Widayat. W., R. Ar-Rosyid., H. Hadiyanto., 2013. *Biodiesel Production by Using CaO Catalyst and Ultrasonic Assisted*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Dipenogoro.

7. Destiana, M., Nazef, & Puspasari, S., 2007. *Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel*, Institut Teknologi Bandung, 5 Oktober 2014.
8. Daru. S. P. (2016). *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Katalis NaOH Menggunakan Gelombang Micro (Microwave) Secara Kontinyu*.
9. Force. E. M. N. T., Dumforf and J. J. Salas, 2015, *Sunflower Chemistry, Processy And Utilization* AOSC, Amerika Serikat
10. Goldstein, J. I., D. E. Newbury, P. Echlin, D. C. Joy, C. Fiori & E. Lifshin. 1981. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. Plenum Press. New York and London
11. Hariyadi, P. (2014). *Mengenal Minyak Sawit dengan Beberapa Karakter Unggulnya*. Jakarta : GAPKI.hlm.11-12
12. Hikmah, M. N. dan Zuliyana. (2010). *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Skripsi. Universitas Diponegoro.
13. Katja, D,G. (2012). *Kualitas Minyak Bunga Matahari Komersial dan Minyak Hasil Ekstraksi Biji Bunga Matahari (Helianthus annus L.)*. Ilmiah Sains. 12(1):59-61.
14. Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1980, "Encyclopedia of Chemical Technology", 3rd ed., Vol. 4, The Inter Science Encyclopedia, Inc., New York
15. Lam, M.L., Lee, K.T. (2010): Accelerating Transesterification Reaction with Biodiesel as Co-Solvent : A Case Study For Solid Sulfated Tin Oxide Catalyst, *Fuel*, 89, pp. 3866-3870
16. Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D.E., Suwannakarn, K., Bruce, D.A., & Goodwin, J.G., Jr., 2005, *Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis, Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44(14), 5353-5363.
17. Mudge, S. (1999). Stimulating the biodegradation of crude oil with biodiesel preliminary results. *Spill. Sci. Technol. Bull.*, 5, 353-5
18. Noegrohati, M., 1996, *Prinsip Dasar Dan Aplikasi Kromatografi Gas*, Universitas Gadjah, Laboratorium Analisa Kimia Dan Fisika Pusat, Yogyakarta

19. Reed, S.J.B., 1996. *Electron Microprobe and Scanning Electron Microscopy in Geology*. Cambridge University Press: Cambridge. UK.
20. Sampson, A.R. 1996. *Scanning Electron Microscopy*. Advanced Research System.
21. Sartika, A. M. (2015). Esterifikasi Minyak Goreng Bekas Dengan Katalis H_2SO_4 dan Transesterifikasi Dengan Katalis CaO Dari Cangkang Kerang Darah: Variasi Kondisi Esterifikasi. *Journal Teknologi Sciens*, 178-185.
22. Sastrohamidjojo, Hardjono. 2001. *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
23. Subagio, Fanny, Widdy Andya., , Prakoso, Tirto. 2012. *Pengembangan Katalis Kalsium Oksida Untuk Sintesis Biodiesel*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia, Vol. 11, No. 2, 2012, Hal.66-73. Institut Teknologi Bandung
24. Sumarno, (2001), *Kromatografi Teori Dasar*, Bagian Kimia Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
25. Weiss, E.A. (1983). *Oilseed Crops*. New York: Longman Group Limited. hlm. 402.
26. West, A. R. (1984). *Solid State Chemistry and Its Application*. Singapore: John Wiley and Sons. pp. 104