

Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L*) dengan Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Katalis $K_2O/H-Za$ Berbasis Zeolit Alam

Archita Permatasari, Wahyu Mayangsari, dan Ignatius Gunardi
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: gunardi_tk@yahoo.com

Abstrak — Kebutuhan dunia akan minyak bumi telah mencapai 10.000 juta ton pertahun. Eksploitasi secara berlebihan dan berkepanjangan mengakibatkan cadangan minyak bumi terus berkurang, dimana hal tersebut dapat diatasi dengan sumber energi alternatif terbarukan seperti biodiesel. Katalis yang digunakan adalah $K_2O/H-Za$ dengan loading KI 1%, 2%, 4% dan 6%. Minyak nyamplung melalui proses esterifikasi kemudian dilakukan proses transesterifikasi dengan katalis $K_2O/H-Za$ dengan variabel berat terhadap minyak sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% dan suhu $50^{\circ}C$, $60^{\circ}C$ dan $70^{\circ}C$. Dari penelitian ini didapatkan bahwa semakin tinggi % loading KI, % yield juga semakin tinggi, dimana % yield tertinggi sebesar 32,301% dengan loading KI 6%. Massa katalis terbaik didapatkan pada variabel 10% massa minyak dengan % yield 36,807%. Semakin tinggi suhu reaksi, % yield biodiesel yang dihasilkan semakin tinggi, dengan % yield tertinggi pada suhu reaksi $70^{\circ}C$ sebesar 36,807%. Kondisi reaksi transesterifikasi terbaik adalah katalis dengan loading KI 6%, massa katalis 10% massa minyak dan pada suhu $70^{\circ}C$. Namun berdasarkan densitas dan viskositasnya, biodiesel minyak nyamplung dengan katalis $K_2O/H-Za$ tidak memenuhi SNI 04-7182-2006 karena % yield biodiesel yang dihasilkan kecil.

Kata Kunci— Biodiesel, Zeolit Alam, Minyak Nyamplung, Transesterifikasi.

I. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan sumber energi utama yang dipakai di banyak negara termasuk Indonesia. Kebutuhan minyak bumi di Indonesia mencapai 54,4% dari seluruh sumber energi yang digunakan. Kebutuhan dunia akan minyak bumi telah mencapai 10.000 juta ton pertahunnya. Eksploitasi secara berlebihan dan berkepanjangan mengakibatkan cadangan minyak bumi terus berkurang dan harganya juga ikut meningkat dari waktu ke waktu.

Penurunan cadangan minyak bumi dari tahun ke tahun telah menjadi perhatian semua kalangan untuk mencari sumber energi alternatif terbarukan. Biofuel atau Bahan Bakar Nabati merupakan sumber energi alternatif terbarukan, yang dapat mensubstitusi BBM fosil [1].

Biodiesel atau FAME (*fatty acid methyl ester*) dapat diproduksi dari minyak nabati dan lemak hewan, merupakan bahan bakar yang *biodegradable*, dan dapat diperbaharui,

dapat digunakan untuk pelumas, dan mempunyai flash point yang relative tinggi memberikan daya tarik sebagai alternatif minyak berbasis bahan bakar diesel.

Pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung menjadi salah satu perhatian Pemerintah dalam rangka pengembangan bahan bakar alternatif. Nyamplung sebagai bahan baku biodiesel mempunyai keunggulan, antara lain dapat menghasilkan *yield* yang cukup tinggi, tersebar merata secara alami di Indonesia dan memiliki daya bertahan hidup yang tinggi, produktivitasnya tinggi hingga 20 ton/ ha jika dibanding dengan jarak pagar. Potensi minyak nyamplung yang dihasilkan di Indonesia cukup besar, yaitu 39.405,6 ton/tahun atau 43.784.000 kl/tahun.

Dalam proses pembuatan biodiesel, peranan katalis sangat penting. Pembuatan biodiesel paling banyak menggunakan katalis homogen seperti NaOH, KOH, CH_3ONa dan CH_3OK untuk mendapatkan kinetika reaksi yang lebih tinggi. Namun karena biaya pemurnian yang tinggi dan sulit sehingga pengembangan berbagai katalis heterogen sekarang meningkat [2].

Beberapa katalis padat yang telah diteliti pada proses esterifikasi dan transesterifikasi adalah *tungstated zirconia*, *sulfated zirconia*, *carbohydrate derived solid acid catalyst*, *ion exchange resins*, *mesoporous aluminosilicate Al-CM41*.

Zeolit alam merupakan mineral yang mempunyai berbagai fungsi, antara lain adalah sebagai agen pendinginan, pengatur sistem pemupukan tanaman dan katalis. Zeolit alam sebagai katalis mempunyai kelebihan yaitu memiliki luas permukaan yang tinggi, mudah dimodifikasi dan mempunyai stabilitas yang tinggi. Selain itu ketersediaan zeolit alam di Indonesia sangat besar. Zeolit alam juga dapat digunakan untuk reaksi transesterifikasi setelah dilakukan modifikasi [3].

Setiap katalis mempunyai kondisi optimum yang berbeda. Pada penelitian ini akan digunakan bahan baku minyak nyamplung dan katalis $K_2O/H-Za$. Untuk mengetahui kondisi operasi terbaik pada reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis tersebut, maka penelitian ini perlu dilaksanakan.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Preparasi Katalis

Katalis yang digunakan adalah Zeolit alam yang dipreparasi menjadi H-Za dengan menggunakan metode dari widayat,dkk, 2010, kemudian diimpregnasi dengan metode yang digunakan oleh Kusuma RI, dkk, 2012 untuk menambahkan *site active* pada katalis. Pertama adalah perlakuan katalis zeolit alam menjadi H-Za dengan langkah mencampurkan zeolit alam sebanyak 40 gram ke dalam 800 ml HCl 4N. Kemudian memasukkan campuran tersebut ke dalam labu leher tiga yang telah dilengkapi refluks pendingin dan magnetic stirrer dan memanaskannya dengan *oilbatch* hingga suhu 90°C. Waktu pengadukan selama 5 jam, dihitung setelah suhu larutan tercapai. Selanjutnya menyaring dan mencuci dengan menggunakan aquades hingga netral. Mengeringkan katalis dalam oven pada suhu 110 °C selama 12 jam dan mengkalsinasi katalis tersebut pada suhu 550 °C selama 5 jam. Kedua adalah mengimpregnasi katalis H-Za dengan variasi loading KI terhadap katalis yaitu 1, 2, 4 dan 6%. Langkah awal yang dilakukan adalah membuat larutan dengan loading KI 1%. Kemudian mengimpreg larutan KI ke katalis H-Za pada suhu 60°C dengan perbandingan ratio antara larutan KI dengan H-Za adalah 4 : 1. Melakukan pengadukan selama 3 jam dengan magnetic stirrer sampai katalis berbentuk pasta. Mengoven katalis pada suhu 110°C selama 12 jam. Mengkalsinasi katalis pada suhu 550°C selama 4 jam dan menyimpan katalis di desikator. Mengulangi langkah impregnasi untuk loading 2, 4 dan 6%.

B. Prosedur Esterifikasi

Minyak nyamplung yang digunakan harus melalui proses esterifikasi terlebih dahulu karena FFA pada minyak nyamplung ini cukup tinggi yaitu 21,62%. Esterifikasi ini dilakukan di *reactor batch* menggunakan labu leher tiga dan refluks kondensor. Langkah pertama memasukkan minyak nyamplung ke labu leher tiga dan memanaskan minyak nyamplung hingga suhu 65°C diatas pemanas air (*waterbath*). Kemudian memasukkan katalis H₂SO₄ sebanyak 1% minyak dan metanol dengan ratio volum 2:1 ke labu leher tiga. Mengaduk dengan *magnetic stirrer* dan menjaga suhu konstan 65°C selama 1,5 jam. Setelah reaksi berjalan 1,5 jam maka reaksi dihentikan, campuran dalam labu leher tiga didinginkan dan dikeluarkan. Memisahkan biodiesel dari metanol dan katalis. Mencuci biodiesel dengan aquades suhu 60°C dan menyentrifuge untuk memisahkan aquades dan biodiesel selama 2 jam. Setelah proses selesai, produk esterifikasi ini dianalisa dengan metode *Gas Chromatography*.

C. Prosedur Transesterifikasi

Minyak nyamplung yang digunakan pada proses transesterifikasi ini adalah minyak hasil esterifikasi. Proses transesterifikasi ini juga dilakukan di *reactor batch*. Langkah pertama adalah memasukkan minyak nyamplung hasil esterifikasi ke labu leher tiga. Kemudian memanaskan minyak nyamplung hingga suhu 70°C diatas pemanas air (*waterbath*). Memasukkan katalis K₂O/H-Za sebanyak 5% minyak dan metanol dengan rasio volum 2:1 ke labu leher tiga. Mengaduk dengan *magnetic stirrer* dan menjaga suhu konstan 70°C

selama 2 jam. Setelah reaksi berjalan 2 jam maka reaksi dihentikan, campuran dalam labu leher tiga didinginkan dan dikeluarkan. Memisahkan biodiesel dari metanol dan katalis. Mencuci biodiesel dengan aquades suhu 60°C. Menyentrifuge untuk memisahkan aquades dan biodiesel selama 2 jam. Selanjutnya, proses transesterifikasi diulangi untuk variabel loading KI 2%, 4%, dan 6% , berat katalis terhadap minyak 10 %, 15%, dan 20% serta untuk variabel suhu 50°C dan 60°C. Setelah semua proses transesterifikasi, maka selanjutnya dilakukan analisa dengan metode *Gas Chromatography* untuk mengetahui kadar biodiesel yang dihasilkan.

D. Analisa Produk Biodiesel

Untuk analisa biodiesel yang dilakukan meliputi analisa kadar FAME yang didapatkan dari analisa dengan metode GC (*Gas Chromatography*), analisa densitas dan analisa viskositas.

Setelah didapatkan kadar FAME, maka dapat dihitung untuk *yield* biodiesel yang dihasilkan.

- Perhitungan % *yield* hasil reaksi esterifikasi

$$\% \text{ Yield} = \frac{\% \text{ FAME dari esterifikasi} \times \text{Massa produk}}{\text{Massa Minyak nyamplung}} \times 100\%$$

- Perhitungan % *yield* hasil reaksi transesterifikasi

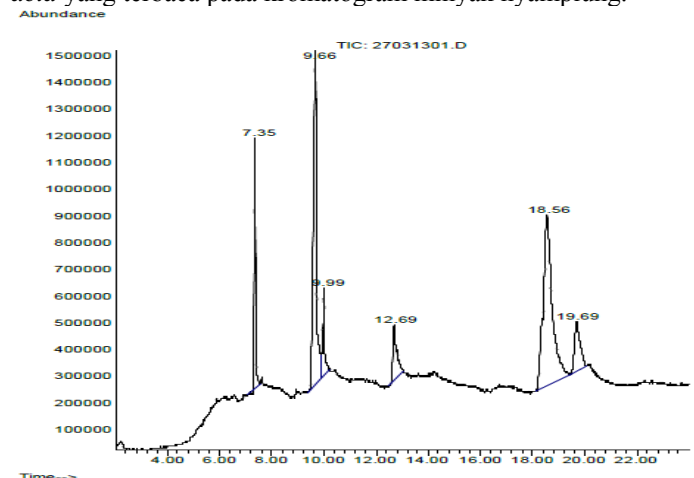
$$\% \text{ Yield} = \frac{\% \text{ FAME dari transesterifikasi} \times \text{Massa produk}}{\text{Massa minyak hasil ester} - (\% \text{ FAME ester} \times \text{massa minyak hasil ester})} \times 100\%$$

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Uji Bahan Baku

Hasil uji bahan baku ini terdiri dari uji minyak nyamplung dan uji zeolit alam. Uji minyak nyamplung dengan menggunakan analisis GC-MS dan analisis % FFA. Uji zeolit alam dilakukan dengan metode AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*).

Analisis GC-MS bertujuan untuk mengetahui komposisi *fatty acid* yang terkandung dalam bahan, dimana komposisi *fatty acid* didekati dengan komposisi *free fatty acid* yang terbaca pada kromatogram minyak nyamplung.



Gambar.1. Kromatogram minyak nyamplung

Dari kromatogram diatas, dapat diketahui komponen-komponen yang terkandung pada minyak nyamplung.

Tabel 1.
Hasil uji GC-MS minyak nyamplung

NO	Komponen	Retention time
1	Palmitic acid	7,35
2	Oleic acid	9,66
3	Stearic acid	9,99
4	Linoleic acid	12,69
5	Cyclohexanecarboxylic acid	18,56
6	Eicosanedioic acid	19,69

Berdasarkan kromatogram Gambar 1 dapat diketahui komponen – komponen *fatty acid* yang terdapat pada minyak nyamplung berdasarkan *free fatty acidnya* adalah *palmitic acid, oleic acid, stearic acid, linoleic acid* dan *eicosanedioic acid* dimana komponen – komponen *fatty acid* tersebut sesuai dengan jurnal Sahoo PK dan Das LM, 2009, kecuali *eicosanedioic acid*. Sedangkan *Cyclohexanecarboxylic acid* bukan merupakan *fatty acid* karena termasuk senyawa siklik.

Analisis % FFA (*free fatty acid*) bertujuan untuk mengetahui %FFA yang terdapat pada minyak nyamplung. Berdasarkan Wu Haitang, Zang J, dkk, 2012, semakin tinggi %FFA, *yield* biodiesel semakin menurun. Dari hasil analisis diketahui % FFA dari minyak nyamplung yang digunakan cukup tinggi, yaitu 21,62%, sedangkan %FFA yang tinggi (> 2%) akan memungkinkan pembentukan sabun ketika katalis basa digunakan sehingga dapat menyebabkan kualitas produk dan *yield* biodiesel yang didapatkan menurun [1]. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu dilakukan esterifikasi minyak nyamplung dimana reaksi esterifikasi akan mengubah FFA menjadi *fatty acid methyl ester* dan air dengan menambahkan metanol sebagai reaktan dan H₂SO₄ (p.a) sebagai katalis.

Zeolit alam dianalisis dengan metode AAS untuk mengetahui rasio Si/Al yang terkandung pada zeolit alam. Rasio Si/Al berhubungan dengan muatan zeolit. Semakin sedikit kandungan Al semakin sedikit muatan negatif pada zeolit sehingga semakin sedikit kation penyeimbang yang diperlukan.

Tabel 2.
Hasil analisis AAS zeolit alam

Parameter	Satuan	Hasil analisis
Al	%	2,14
Si	%	36,52

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa zeolit alam yang digunakan termasuk dalam klasifikasi zeolit dengan rasio Si/Al yang tinggi, yaitu 17,06 dan mempunyai sifat hidrofobik (tidak dapat berikatan dengan air) sehingga cocok digunakan untuk katalis pada reaksi transesterifikasi karena akan menyebabkan adsorpsi yang diinginkan yaitu zat non-polar (minyak) pada permukaan katalis dan mencegah deaktivasi katalis oleh adsorpsi zat polar seperti air dan gliserol yang merupakan produk reaksi [4].

B. Hasil Uji Aktivitas Katalis

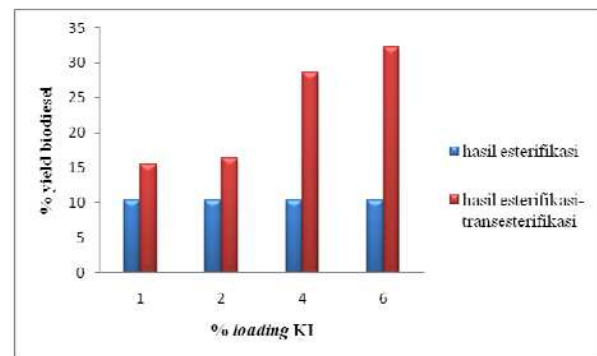
Penelitian pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui katalis dengan *loading* terbaik berdasarkan % *yield* dari produk yang diperoleh dan karakteristik katalis. Produk diperoleh dengan mereaksikan minyak nyamplung yang telah diesterifikasi dan metanol dengan rasio volum 2:1 pada suhu 70°C selama 2 jam menggunakan katalis K₂O/ H-Za dengan *loading* KI 1, 2, 4 dan 6% sebanyak 5% massa minyak. Produk yang diperoleh dianalisis GC untuk mengetahui % biodiesel pada produk yang selanjutnya digunakan untuk menghitung % *yield* produk.

Produk dari reaksi esterifikasi adalah biodiesel (*fatty acid methyl ester*) dan air yang berasal dari FFA yang terkandung pada minyak nyamplung. Sehingga sebelum dilakukan reaksi transesterifikasi telah terdapat biodiesel dari hasil esterifikasi. % biodiesel yang didapatkan dari reaksi esterifikasi adalah 12,32%. Sehingga untuk mengetahui performa katalis K₂O/H-Za pada reaksi transesterifikasi saja, perhitungan % *yield* harus dikurangi terlebih dahulu dengan jumlah biodiesel hasil reaksi esterifikasi.

Tabel 3.
Hasil perhitungan % *yield* biodiesel untuk variabel % *loading* KI

Reaksi	Katalis	Loading KI (%)	% Biodiesel	% Yield
Esterifikasi	H ₂ SO ₄	-	12,32	10,287
Transesterifikasi	K ₂ O/ H-Za	1	17,67	15,483
		2	18,53	16,360
		4	31,03	28,571
		6	34,1	32,301

Dari Tabel 3 diatas dapat diketahui bahwa setelah reaksi transesterifikasi, terjadi kenaikan % *yield* biodiesel, yaitu sebesar 5,196% untuk *loading* KI 1%, 6,073% untuk *loading* KI 2%, 18,284% untuk *loading* KI 4% dan 22,014% untuk *loading* KI 6%. Kenaikan % *yield* biodiesel pada produk mengindikasikan bahwa katalis K₂O/ H-Za berperan dalam reaksi dan memberikan kenaikan % *yield* biodiesel tertinggi dengan *loading* KI 6%.



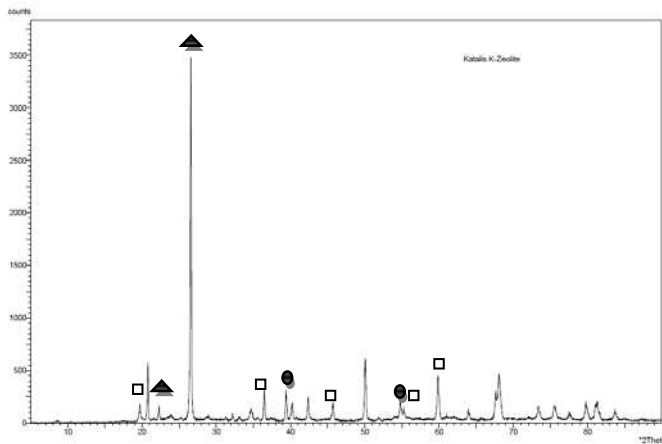
Gambar. 2. Hubungan antara % *loading* KI terhadap % *yield* biodiesel

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa % *loading* KI sebanding dengan % *yield* biodiesel dari produk. Semakin tinggi % *loading* KI, % *yield* juga semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa semakin tinggi % *loading* katalis, maka jumlah KI yang ditambahkan semakin banyak, jumlah KI yang masuk pada struktur zeolit

yang bertindak sebagai *active site* juga semakin bertambah, aktivitas katalis meningkat sehingga % *yield* biodiesel yang dihasilkan juga meningkat [3].

Karakterisasi katalis bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat katalis dalam hal ini adalah kristalinitas dan *surface area* katalis. Pada penelitian ini, karakterisasi katalis dilakukan pada katalis yang memberikan % *yield* terbaik, yaitu katalis K₂O/H-Za dengan *loading* KI 6%, dimana karakterisasi katalis dilakukan dengan uji X-RD dan uji BET (*Brunauer Emmett Teller*).

Uji XRD bertujuan untuk mengetahui kristalinitas katalis. Dari hasil uji XRD didapatkan grafik seperti pada Gambar 4.3 yang menunjukkan adanya *peak* pada sudut 2θ = 19,7^o; 20,8^o; 22,3^o; 26,6^o; 34,7^o; 36,5^o; 39,4^o; 40,2^o; 42,4^o; 45,4^o; 50,0^o; 54,8^o; 55,2^o; 59,9^o; 60,0^o; 67,6^o; 68,0^o; 73,4^o; 75,4^o; 79,8^o; 81,0^o dan 81,3^o. Adanya *peak* pada hasil uji ini menunjukkan kristalinitas katalis, semakin tinggi intensitasnya, maka semakin besar kristalinitasnya.



Gambar 3. Hasil uji XRD katalis K₂O/H-Za : (●) K₂O (□) Zeolit (▲) KI

Dari Gambar 3 dapat dibaca komponen – komponen yang terkandung pada katalis K₂O/H-Za. Hasil identifikasi secara kualitatif katalis K₂O/H-Za dapat dilihat pada Tabel 4. dimana terdapat komponen Si dan Al yang merupakan *framework* zeolit dan K yang berfungsi sebagai promotor katalis.

Tabel 4. Hasil identifikasi kualitatif katalis K₂O/H-Za

Katalis	Hasil identifikasi kualitatif
K ₂ O/ H-Za	Quartz-alpha, SiO ₂
	Berlinite, AlPO ₄
	Roscoelite-1/ITM, KAIV ₂ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂

Selama kalsinasi, KI dioksidasi menjadi K₂O dan I₂ dengan udara yang dialirkan secara kontinu dari kompresor ke *furnace*, dimana I₂ yang terbentuk akan ikut keluar *furnace* bersama dengan ekses udara. Berdasarkan Kusuma RI, 2012, pada uji XRD, K₂O ditunjukkan pada *peak* sudut 2θ = 31^o, 39^o, 51^o dan 55^o. Dari Gambar 3 dapat dilihat adanya *peak* pada sudut 2θ = 39^o dan 55^o saja, hal ini menunjukkan bahwa tidak semua KI terkonversi menjadi K₂O. Adanya KI pada katalis ditunjukkan *peak* pada sudut 2θ = 22^o dan 26^o [5]. Hal ini menunjukkan bahwa KI berhasil diimpregnasi pada H-Za,

namun tidak semua KI sebagai *basic site* terkonversi menjadi K₂O yang merupakan *active site* katalis pada saat kalsinasi. Keberhasilan impregnasi juga diperkuat dari hasil uji kualitatif pada Tabel 4. yang menunjukkan adanya K pada hasil uji kualitatif katalis.

Uji BET bertujuan untuk mengetahui luas permukaan katalis.

Tabel 5. Hasil uji BET katalis

Katalis	Surface Area (m ² /g)
H-Za	55.0601
K ₂ O/ H-Za	12.944

Dari hasil uji BET dapat diketahui bahwa impregnasi KI pada H-Za menyebabkan *surface area* katalis menjadi turun. Penurunan *surface area* mengindikasikan bahwa impregnasi KI menyebabkan tertutupnya lapisan permukaan zeolit, sehingga *surface area* menjadi turun [6]. Semakin tinggi *loading*, KI yang ditambahkan pada H-Za semakin banyak, semakin banyak lapisan permukaan yang tertutup dan *surface area* semakin kecil. Seiring dengan penurunan *surface area* karena tertutupnya permukaan zeolit dengan KI, *basic site* pada permukaan katalis bertambah yang menyebabkan *active site* juga bertambah, sehingga *yield* yang dihasilkan juga semakin tinggi. Dari hasil uji BET ini juga dapat diketahui bahwa impregnasi KI pada H-Za berhasil.

C. Hasil Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Katalis K₂O/H-Za Pada Reactor Batch

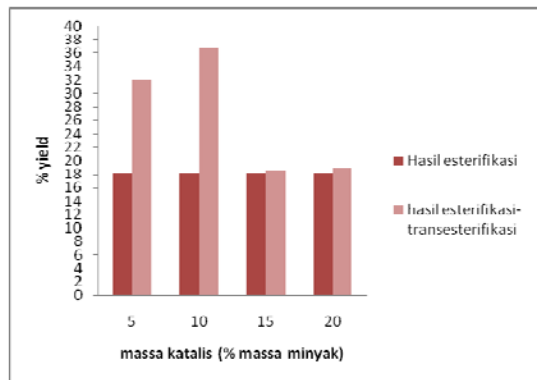
Setelah diketahui % *loading* katalis K₂O/H-Za terbaik, perlu diketahui jumlah katalis yang perlu ditambahkan untuk menghasilkan % *yield* biodiesel terbaik dari produk. Reaksi transesterifikasi berlangsung dengan mereaksikan minyak nyamplung yang telah diesterifikasi dengan metanol, dengan ratio volum 2 : 1 menggunakan katalis K₂O/H-Za *loading* 6% pada suhu 70^oC selama 2 jam. Variabel massa katalis yang digunakan adalah 5%, 10%, 15% dan 20% massa minyak. Produk yang dihasilkan dianalisis GC untuk mengetahui % biodiesel yang selanjutnya digunakan untuk menghitung % *yield* biodiesel pada produk.

Reaksi transesterifikasi pada variabel ini menggunakan minyak hasil reaksi esterifikasi dengan % biodiesel 18,86%. Untuk mengetahui performa katalis K₂O/H-Za pada reaksi transesterifikasi saja, perhitungan % *yield* harus dikurangi terlebih dahulu dengan jumlah biodiesel hasil reaksi esterifikasi.

Tabel 6. Hasil perhitungan % *yield* biodiesel untuk variabel massa katalis

Reaksi	Katalis	% Massa katalis K ₂ O/ H-Za	% Biodiesel	% <i>Yield</i>
Esterifikasi	H ₂ SO ₄	-	18,86	18,166
		5	34,1	32,060
		10	35,91	36,807
		15	19,24	18,510
		20	19,84	18,959

Dari tabel 6 diatas dapat diketahui bahwa setelah reaksi transesterifikasi, % yield biodiesel meningkat, yaitu sebesar 13,894%, 18,641%, 0,344% dan 0,792% untuk % massa katalis terhadap minyak 5, 10, 15 dan 20%, dimana massa katalis 10% terhadap massa minyak yang digunakan memberikan kenaikan % yield yang tertinggi, yaitu 18,641%.



Gambar. 4. Perbandingan massa katalis terhadap % yield biodiesel

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa % yield biodiesel meningkat hingga massa katalis 10% massa minyak dengan kenaikan % yield 18,641% kemudian pada massa katalis 15% massa minyak, % yield-nya turun hingga 0,344%. Penurunan % yield biodiesel mungkin terjadi karena terbentuknya emulsi yang meningkatkan viskositas dan menyebabkan terbentuknya gel [7]. Adanya pengadukan menyebabkan minyak dan katalis membentuk emulsi, semakin besar massa katalis dengan masa minyak yang sama, menyebabkan emulsi yang terbentuk semakin kental (viskositas meningkat) dan menyebabkan kontak metanol dengan minyak semakin sulit sehingga % yield yang dihasilkan turun.

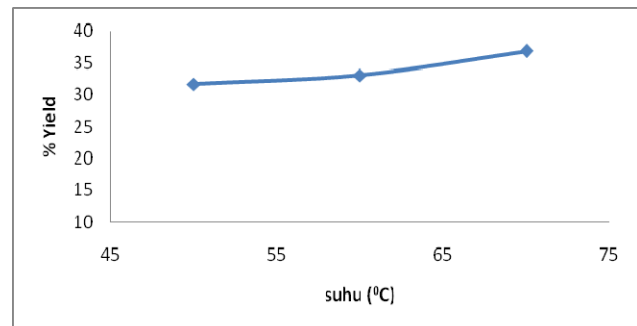
Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap % yield yang dihasilkan, reaksi transesterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak nyamplung yang telah diesterifikasi dengan metanol dengan ratio volum 2:1 menggunakan katalis K₂O/H-Za dengan loading KI 6% sebanyak 10% massa minyak selama 2 jam dengan variasi suhu 50⁰, 60⁰ dan 70⁰C. Produk yang dihasilkan dilakukan analisis GC untuk mengetahui % biodiesel yang terdapat pada produk yang selanjutnya digunakan untuk menghitung % yield biodiesel yang dihasilkan.

Reaksi transesterifikasi pada variabel ini menggunakan minyak hasil reaksi esterifikasi dengan % biodiesel 18,86%. Untuk mengetahui performa katalis K₂O/H-Za pada reaksi transesterifikasi saja, perhitungan % yield harus dikurangi terlebih dahulu dengan jumlah biodiesel hasil reaksi esterifikasi.

Tabel 7. Hasil perhitungan % yield biodiesel untuk variabel suhu

Reaksi	Katalis	Suhu reaksi (°C)	% Biodiesel	% Yield
Esterifikasi	H ₂ SO ₄	65	18,86	18,166
Transesterifikasi	K ₂ O/ H-Za	50	27,75	31,674
		60	28,5	33,051
		70	35,91	36,807

Dari tabel 7 diatas dapat diketahui bahwa setelah reaksi transesterifikasi, terjadi kenaikan % yield biodiesel yaitu sebesar 13,508%, 14,885% dan 18,641% dengan suhu operasi 50, 60 dan 70⁰C, dimana suhu 70⁰C memberikan kenaikan % yield yang tertinggi, yaitu 18,641%.



Gambar. 5. Hubungan antara suhu dan % yield biodiesel

Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa % yield biodiesel meningkat dengan meningkatnya suhu operasi. Semakin tinggi suhu reaksi akan meningkatkan kecepatan molekuler sehingga meningkatkan kecepatan reaksi [8].

D. Uji Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Menggunakan Katalis K₂O/H-Za

Produk biodiesel terbaik yang diperoleh perlu diuji apakah sesuai dengan standar atau tidak. Berikut merupakan hasil uji biodiesel dari minyak nyamplung dengan menggunakan katalis K₂O/H-Za

Tabel 8. Hasil uji biodiesel dari minyak nyamplung dengan menggunakan katalis K₂O/H-Za

Parameter	Biodiesel minyak nyamplung	SNI 04-7182-2006
Densitas pada 40 ⁰ C (kg/m ³)	908,55	850-890
Viskositas pada 40 ⁰ C (mm ² /s)	30, 82	2,3 – 6,0

Dari data hasil uji biodiesel diatas diketahui bahwa produk yang dihasilkan tidak memenuhi SNI 04-7182-2006. Hal ini disebabkan oleh yield biodiesel yang kecil pada produk, dimana hanya sedikit trigliserida yang terkonversi menjadi metil ester, densitas dan viskositas semakin turun dengan meningkatnya kadar biodiesel.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan bahwa semakin tinggi % loading KI, % yield juga semakin tinggi, dimana % yield tertinggi sebesar 32,301% dengan loading KI 6%. Massa katalis terbaik pada reaksi transesterifikasi minyak nyamplung yang telah diesterifikasi dan metanol dengan ratio volum 2:1 pada suhu 70⁰C selama 2 jam adalah 10% massa minyak dengan % yield 36,807%. Semakin tinggi suhu reaksi, % yield biodiesel yang dihasilkan semakin tinggi, dengan % yield tertinggi pada suhu reaksi 70⁰C sebesar 36,807%. Kondisi

reaksi transesterifikasi terbaik dengan katalis $K_2O/H-Zr$ dari penelitian ini adalah katalis dengan *loading* KI 6%, massa katalis 10% massa minyak, ratio volum minyak metanol 2:1 pada suhu $70^{\circ}C$ selama 2 jam. Berdasarkan densitas dan viskositas, biodiesel hasil reaksi esterifikasi transesterifikasi minyak nyamplung dengan katalis $K_2O/H-Zr$ tidak memenuhi SNI 04-7182-2006 karena % *yield* biodiesel yang dihasilkan kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis A.P dan W.M mengucapkan terima kasih kepada Ir. Ignatius Gunardi, MT selaku pembimbing dan Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi selaku kepala laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sahoo PK, Das LM, 2009, Process optimization for biodiesel production from jatropa, karanja, and polanga oil, Elsevier, India.
- [2] I.M. Atadashi, M.K. Aroua, 2011, *The effects of catalysts in biodiesel production*, Elsevier, Malaysia
- [3] Kusuma RI, Hadinoto JP, Ayucitra A, Soetaredjo FE, Ismadji S, 2012, *Natural zeolite from Pacitan Indonesia, as catalyst support for transesterification of palm oil*, Elsevier, Indonesia.
- [4] Islam A, Yap YHT, dkk, 2012, *Studies on design of heterogeneous catalyst for biodiesel production*, Elsevier, Malaysia.
- [5] Xie wenlei, Huang X, Li H, 2006, *Soybean oil methyl esters preparation using NaX zeolites loaded with KOH as a heterogeneous catalyst*, Elsevier, China.
- [6] Rodiansono, Trisunaryanti W, Triyono, 2007, Pengaruh pengembangan logam Ni dan Nb_2O_5 pada karakter katalis Ni/ zolit dan Ni/ zeolit- Nb_2O_5 , Sains Terapan Kimia, Vol.1 No.1 (Januari 2007), 20.28.
- [7] Venkanna BK, Reddy CV, 2009, *Biodiesel production and optimization from Calophyllum inophyllum linn oil (hone oil)- a three stage method*, Elsevier, India.
- [8] Putri EMM, Rachimoallah M, Santosa N, Pradana F, 2012, *Biodiesel production from kapok seed oil(Ceiba pentandra) through the transesterificationand process by using CaO as catalyst*, Global journal of research in engineering.