

PERANCANGAN DAN UJI KINERJA PROTOTIPE REAKTOR KOLOM GELEMBUNG KAPASITAS SATU LITER UNTUK PRODUKSI BIODIESEL

by Joelianingsih Joelianingsih

Submission date: 24-Nov-2020 11:19AM (UTC+0700)

Submission ID: 1455752666

File name: 2._PERANCANGAN_DAN_UJI_KINERJA_PROTOTIPE.pdf (8.09M)

Word count: 3056

Character count: 17657

PERANCANGAN DAN UJI KINERJA PROTOTIPE REAKTOR KOLOM GELEMBUNG KAPASITAS SATU LITER UNTUK PRODUKSI BIODIESEL

Joelianingsih¹⁾, Wahyudin¹⁾, Erfin Y Febrianto²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Kimia - Institut Teknologi Indonesia
Jl. Raya Puspiptek Serpong – Tangerang Selatan 15320
Telepon (021) 7561092
e-Mail : joelianingsih@yahoo.com

²⁾Pusat Penelitian Fisika – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Kompleks Puspiptek – Serpong-Tangerang Selatan 15314

Jakarta, 7 - 8 November 2013

ABSTRAK

Prototipe peralatan yang terdiri dari vaporizer, superheater, reaktor kolom gelembung (RKG), kondensator dan rangkaiannya dalam satu sistem terintegrasi dengan sistem pengendalian laju alir dan temperatur telah dirancang. Prototipe telah diujicoba secara semi-batch tanpa menggunakan katalis dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi optimum dengan memvariasikan laju alir metanol (5 dan 10 mL/menit), temperatur (250, 270 dan 290 °C) dan volume awal minyak dalam reaktor (0,5 dan 1 L). Hasil terbaik diperoleh pada volume awal 1 L, dengan temperatur reaksi 250 °C dan laju alir metanol 10 mL/menit. Hasil biodiesel terbaik dianalisa menggunakan metode EN14105 termodifikasi untuk menentukan kadar pengotor berupa gliserol bebas, mono-, di-, dan trigliserida. Diperoleh kadar gliserol bebas 0,018 % (m/m), kadar mono-, di-, dan trigliserida berturut-turut adalah 0,005; 0,001 dan 0,017% (m/m). Kadar pengotor ini telah memenuhi syarat SNI -7182:2012. Namun yield yang dihasilkan hanya sekitar 3,4% (m/m) dalam waktu reaksi 1 jam. Peralatan masih perlu perbaikan bentuk sparger dan sistem pendingin di kondensator. Selain perancangan dan ujicoba prototipe RKG untuk produksi biodiesel juga dilakukan preparasi katalis sulfated zirconia dengan prosedur sesuai referensi. Sintesa katalis dari 100 gram $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ dihasilkan 48 gram Sulfated Zirconia (yield 48 % massa). Uji karakteristik meliputi analisa gugus sulfat dengan FTIR (Fourier Transform Infra Red), analisa fasa dengan X-ray Diffraction (XRD) serta luas permukaan BET (Brunauer-Emmett-Teller). Hasil analisa FTIR terlihat bahwa sulfatasi katalis zirkonia telah berhasil dilakukan terbukti dengan teridentifikasinya gugus sulfat pada panjang gelombang 997,20; 1045,42; 1074,35; 1143,79 dan 1249,87 cm^{-1} . Hasil analisa XRD katalis menunjukkan bahwa hanya ada satu fasa yaitu zirkonia (ZrO_2), proses kalsinasi katalis berhasil mengubah seluruh zirkonium hidroksida/ $Zr(OH)_4$ menjadi zirkonia. Hasil analisa BET terbaik sebesar 53,2526 m^2/g , sedangkan beberapa referensi hasilnya di atas 100 m^2/g . Perlu perbaikan metode agar luas permukaan katalis dapat ditingkatkan. Selanjutnya akan diujicoba katalis sulfated zirconia pada RKG untuk meningkatkan produktifitas biodiesel.

Kata Kunci : Reaktor kolom gelembung, biodiesel, sulfated zirkonia

I. PENDAHULUAN

³⁾ Biodiesel didefinisikan sebagai monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel [1]. Biodiesel dapat diperoleh melalui

reaksi transesterifikasi minyak nabati/trigliserida (TG) dan atau reaksi esterifikasi asam lemak tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. Pada produksi komersial saat ini katalis yang digunakan pada

proses transesterifikasi adalah basa /alkali, biasanya digunakan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) sedangkan untuk reaksi esterifikasi digunakan katalis asam, biasanya asam sulfat (H_2SO_4) yang bersifat homogen dengan fasa reaktan (larut dalam metanol). Reaksi esterifikasi digunakan sebagai reaksi pendahuluan sampai kandungan asam lemak bebas (ALB) di dalam minyak berkurang menjadi 2 %, selanjutnya diikuti dengan reaksi transesterifikasi TG.

Kelemahan proses produksi biodiesel dengan katalis homogen adalah kesulitan pada pemisahan gliserol dari biodiesel (gliserol yang dihasilkan kemurniaannya rendah), diperlukan proses penghilangan sisa katalis dan produk tersabunkan melalui netralisasi, pencucian dan pengeringan, perlu pra-esterifikasi untuk minyak dengan kadar ALB di atas 2%. Proses pencucian menghasilkan limbah cair yang perlu diolah, katalis tidak bisa dipergunakan kembali dan perolehan kembali metanol berlebih (ekses) lebih sulit. Kelemahan proses dengan katalis homogen dapat diatasi dengan cara pembuatan biodiesel secara non-katalitik atau dengan menggunakan katalis heterogen.

Proses produksi biodiesel secara non-katalitik telah dilaporkan oleh beberapa peneliti, diantaranya pada kondisi superkritik metanol oleh Demirbas, A.[2], Saka dan Kusdiana [3] dengan kondisi reaksi 350 °C, 20 MPa (200 bar), rasio metanol terhadap minyak 42 mol, reaksi dapat berlangsung sangat cepat dengan waktu reaksi sempurna hanya 4 menit. Namun penggunaan reaktor bertekanan tinggi selain memerlukan investasi (harga reaktor bertekanan tinggi) dan biaya produksi tinggi (energi untuk menaikkan temperatur dan tekanan bahan) juga beresiko membahayakan keamanan dan keselamatan karena menjadi lebih mudah meledak (eksplosif), sehingga untuk diterapkan pada skala komersial masih perlu dipertimbangkan.

Salah satu teknologi proses produksi biodiesel yang telah dikembangkan oleh Joelianingsih, *et.al.* adalah produksi biodiesel secara non-katalitik dalam suatu *bubble column reactor* (BCR) atau reaktor kolom gelembung (RKG). Ujicoba pada temperatur 250, 270 dan 290 °C menunjukkan bahwa kemurnian biodiesel yang dihasilkan terbaik (kadar metil ester 95,17%) pada temperatur 250 °C namun konversi (55,07 %) dan yield (27,43 %) rendah dengan waktu reaksi 5 jam [4]. Petchmala

A, *et.al* melaporkan transesterifikasi minyak sawit purni menggunakan katalis padat SO_4 /ZrO_2 menunjukkan konversi 90% dalam waktu 10 menit pada 250 °C dan 10-15 MPa [5]. Memperhatikan temperatur reaksi yang sama, penggunaan katalis heterogen pada RKG dapat dioperasikan pada tekanan 1 atm sehingga kualitas dan produktivitasnya meningkat dan penggunaan tekanan tinggi dapat dihindari.

Keaktifan katalis padat (heterogen) memang lebih rendah dibandingkan dengan katalis homogen, namun mempunyai keunggulan diantaranya umur pakainya yang panjang (sampai 200 jam keaktifannya masih stabil), katalis dapat dipergunakan kembali serta tidak menimbulkan efek korosi pada dinding reaktor. Dengan demikian walaupun harga katalis oksida logam lebih mahal namun beberapa kelebihan yang dimilikinya dapat mengimbangi bahkan menutupi kelebihan harga belinya. Penggunaan katalis heterogen sudah banyak dilaporkan diantaranya Benjaram M.R, *et.al* (2005)[6], Anton A.K, *et.al* (2008) [7] dan Xin Deng, *et.al.* (2011) [8].

Salah satu jenis katalis heterogen adalah *sulfated zirconia*. Zirkonia telah menunjukkan aktivitas katalitik dan juga *support* yang baik untuk katalis, hal ini dikarenakan stabilitas termal tinggi, stabilitas di bawah kondisi oksidasi dan reduksi, dan karakter amfoterik kelompok hidroksil permukaannya. Zirkonia sulfat adalah contoh katalis padat asam super dan menunjukkan aktivitas katalitik yang tinggi karena gugus asam aktif [9]. (Tanabe, 1994).

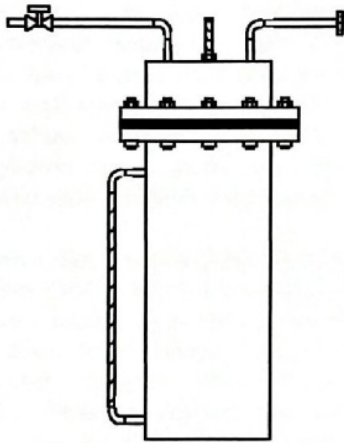
Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu prototipe RKG, dilanjutkan dengan uji kinerja protipe alat untuk mereaksikan minyak dalam fase cair dan metanol dalam fasa uap dengan atau tanpa bantuan katalis untuk menghasilkan metil ester (biodiesel). Kapasitas minyak dalam reaktor adalah 1L, dilengkapi dengan *sparger* untuk mengalirkan uap metanol. Katalis *sulfated zirconia* ($S-ZrO_2$) disintesa dan dikarakterisasi sesuai referensi.

II. METODE

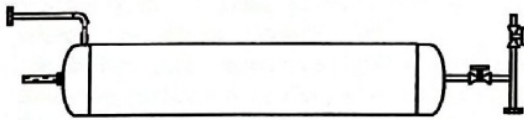
• Perancangan Prototipe

Prototipe terdiri dari 4 peralatan utama yaitu vaporizer (gambar 1) untuk menguapkan metanol, superheater (gambar 2) untuk pemanasan lanjut uap metanol, RKG (gambar 3) dan kondensor

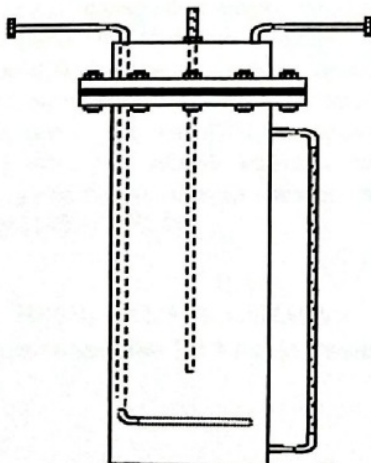
(gambar 4). Sparger untuk membentuk gelembung uap metanol berbentuk pipa dengan 5 buah lubang berdiameter 2 mm (gambar 5). Peralatan tersebut dirangkai dalam suatu sistem yang terintegrasi dengan sistem pengaliran bahan baku dan produk yang dilengkapi pengaturan laju alir dan kontrol temperatur. Peralatan utama tersebut dibuat di Bengkel Sinar Rejeki (Machinery Contractor & Modification Design, Jl. Raya Puspiptek No.42, Muncul - Serpong, Tangerang Selatan). Peralatan pendukung berupa *rotary evaporator* diperlukan untuk mendapatkan produk akhir (biodiesel dan gliserol) dirangkai terpisah.



Gambar 1. Rancangan Alat Vaporizer

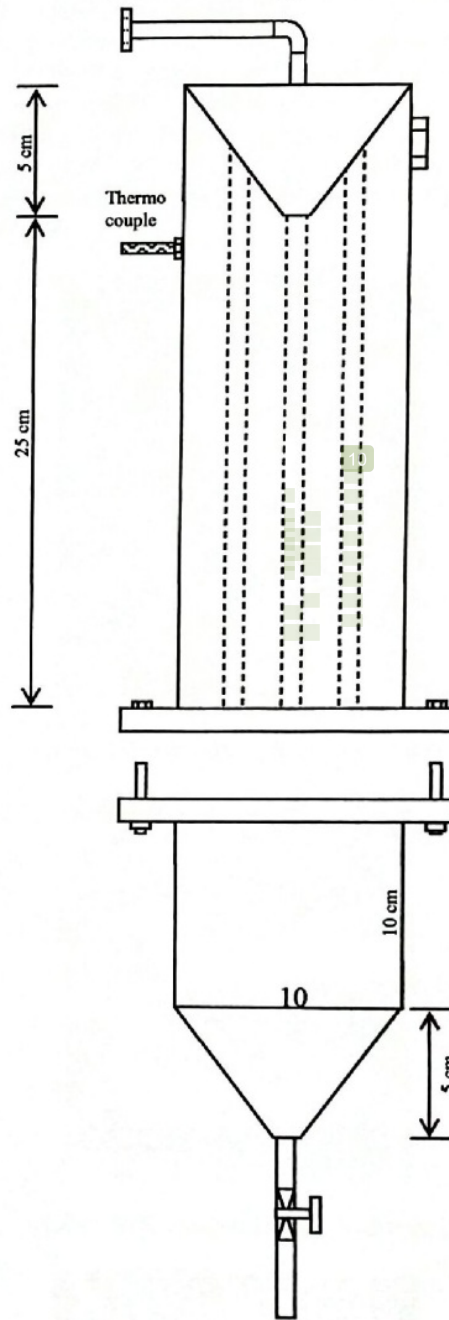


Gambar 2. Rancangan Alat Superheater

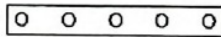


Gambar 4. Rancangan Alat Kondensor

Gambar 3. Rancangan Alat RKG



Gambar 4. Rancangan Alat Kondensor



Gambar 5. Sparger dalam RKG

- **Uji Kinerja Prototipe**

Uji kinerja prototipe dilakukan di laboratorium penelitian Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia. Pada awalnya kinerja masing masing alat diuji apakah semua sudah dapat bekerja sesuai rancangan dan fungsinya. Selanjutnya dilakukan ujicoba sintesa biodiesel menggunakan minyak goreng sawit sebagai bahan baku. Ujicoba dilakukan secara semi-batch lebih dahulu untuk mendapatkan kondisi optimum dengan memvariasikan temperatur reaksi (250, 270 dan 290 °C, laju alir metanol (5 dan 10 mL/menit) dan volume awal minyak dalam reaktor (0,5 dan 1 L). Hasil terbaik dianalisis komposisi pengotornya yaitu gliserol bebas, mono-, di-, dan trigliserida dengan metode EN14105 termodifikasi [10].

- **Sintesa dan Karakterisasi Sulfated Zirconia**

100 gram $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ dilarutkan dalam 1000 ml aquadest. Setelah larut semua, teteskan Amonia tetes demi tetes sampai pH = 9 sehingga membentuk endapan zirkonium hidroksida / $Zr(OH)_4$. Endapan disaring dan dicuci dengan aquadest sampai bebas Cl, kemudian dikeringkan di oven dengan tekanan atmosfer pada temperatur 120°C selama 16 jam. Setelah kering $Zr(OH)_4$ di impregnasi dengan larutan H_2SO_4 1 N, dengan perbandingan 1 gram sampel / 15 ml H_2SO_4 selama 30 menit. Setelah itu disaring dan dikeringkan pada temperatur 120°C. Selanjutnya dilakukan analisa termal dengan menggunakan alat Diferential Thermal Analyzer (DTA) untuk mengetahui temperatur kalsinasi. Setelah kering dilakukan proses kalsinasi pada temperatur 650°C selama 3,5 jam. Uji FTIR (Fourier Transform Infra Red) untuk mengetahui gugus yang terkandung dalam senyawa dilakukan sebelum impregnasi dan setelah kalsinasi. Analisis struktur kristal dengan menggunakan X Ray Diffraktometer dan uji luas permukaan butir BET (Brunauer-Emmett-Teller) dilakukan setelah kalsinasi dengan dan tanpa penghalusan dengan mortar dan High Energy Milling (HEM)

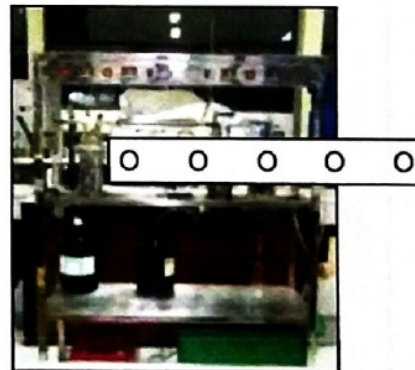
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

- **Perancangan dan Uji Kinerja Prototipe**

Prototipe peralatan telah diujicoba untuk memproduksi biodisel secara non-katalitik lebih dulu dengan laju alir metanol 5 dan 10 mL/menit pada temperatur reaksi 250, 270 dan 290 °C dengan menggunakan bahan baku minyak goreng sawit. Gambar prototipe secara utuh disajikan pada gambar 6 dan 7, rangkaian alat rotary evaporator disajikan pada gambar 8. Hasil ujicoba dalam bentuk yield setelah satu jam reaksi dan foto produk biodiesel dalam botol sampel disajikan pada Tabel 1.



Gambar 6. Tampak Samping Prototipe








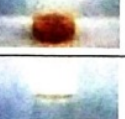
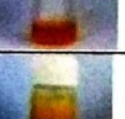


Gambar 7. Tampak Depan Prototipe



Gambar 8. Rotary Evaporator

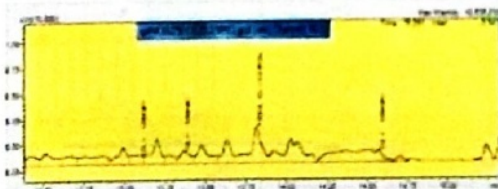
Tabel 1. Hasil Ujicoba Prototipe RKG

Volume minyak (L)	Laju Alir Metanol, mL/menit	Temperatur (°C)	Yield (% massa) Pada 1 jam	Foto Sample Produk
1	5	250	1.466	
1	10	250	3.409	
0.5	5	250	0.708	
0.5	5	270	4.160	
0.5	7.5	250	0.644	
0.5	7.5	270	1.384	
0.5	10	250	0.966	
0.5	10	270	2.322	
0.5	10	290	9.248	

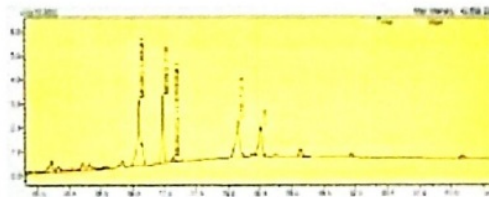
Berdasarkan pengamatan visual produk biodiesel terbaik (jernih dan encer) adalah pada volume minyak awal dalam reaktor 1 L, temperatur reaksi 250 °C dengan laju alir metanol 10 mL/menit. Hasil analisa GC produk ini dengan metode EN14105 termodifikasi [10] dilakukan secara duplo disajikan pada Tabel 2. Gambar 9, 10, 11 dan 12 menunjukkan chromatogram dari gliserol bebas, mono-, di dan trigliserida. Terlihat bahwa biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi syarat EN 14214 maupun SNI 7182:2012.

Tabel 2. Hasil Analisa Produk Biodiesel Terbaik

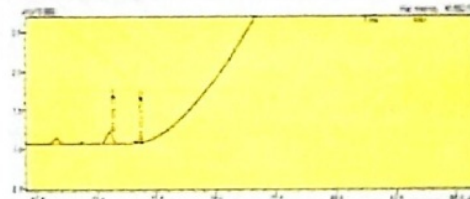
Ulangan 1	AREA	Kadar (% massa)
Gliserol	99108,3	0,022
Monogliserida	285074,7	0,004
Digliserida	17164,7	0,000
Trigliserida	45320,7	0,016
Ulangan 2	AREA	Kadar (% massa)
Gliserol	66810,5	0,015
Monogliserida	323999,9	0,005
Digliserida	28686,4	0,001
Trigliserida	53397,3	0,019
Rata-rata Ulangan 1 dan 2	Syarat EN 14214 (% massa)	Kadar (% massa)
Gliserol	Maks 0,02	0,018
Monogliserida	Maks 0,80	0,005
Digliserida	Maks 0,20	0,001
Trigliserida	Maks 0,20	0,017



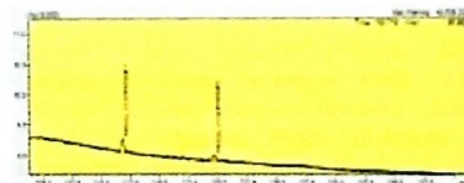
Gambar 9. Chromatogram GC Gliserol Bebas



Gambar 10. Chromatogram GC Monogliserida

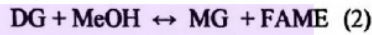
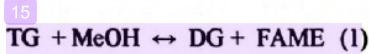


Gambar 11. Chromatogram GC Digliserida



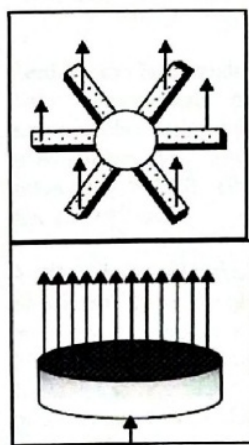
Gambar 12. Chromatogram GC Trigliserida

Berdasarkan hasil-hasil ujicoba sebagaimana disajikan pada tabel 1 dan 2 secara kualitas ada produk biodiesel yang telah dihasilkan sesuai harapan, namun secara kuantitas terlihat hasil yield biodiesel yang masih rendah. Adanya produk yang berupa padatan kemungkinan karena reaksi yang tidak sempurna. Reaksi transesterifikasi minyak/ trigliserida (TG) dengan metanol (MeOH) berlangsung dalam 3 tahap reaksi seperti pada persamaan (1), (2) dan (3). Satu mol TG bereaksi dengan 1 mol MeOH menghasilkan satu mol FAME dan 1 mol digliserida (DG). Selanjutnya 1 mol DG bereaksi dengan 1 mol MeOH menghasilkan 1 mol FAME dan 1 mol monogliserida (MG). Akhirnya 1 mol MG bereaksi dengan 1 mol MeOH menghasilkan 1 mol FAME dan 1 mol gliserol (GL) [11].



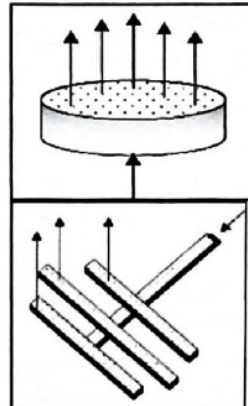
Reaksi tahap 3 merupakan reaksi yang berjalan paling lambat karena MG merupakan senyawa antara yang paling stabil dibandingkan DG dan TG [12]. Berdasarkan sumber literatur [13] senyawa monogliserida memiliki titik beku diatas temperatur ruangan sehingga pada kondisi ruangan akan mudah menjadi beku. Tidak terbentuknya 2 lapisan pada produk reaksi menunjukkan bahwa produk GL yang dihasilkan masih sangat kecil sebagai akibat dari lambatnya reaksi tahap 3.

Untuk mendapatkan hasil yang baik secara kualitas dan kuantitas, sistem *sparger* di reaktor harus diperbaiki agar mampu menghasilkan gelembung metanol yang banyak dan kecil-kecil agar reaksi antar fasa (minyak dan uap metanol) dapat berlangsung merata di seluruh bagian cairan minyak dalam reaktor sehingga yield produk akan meningkat. Beberapa contoh bentuk *sparger* yang akan digunakan untuk perbaikan selanjutnya disajikan pada gambar 13 [14].



(a) Bentuk Spider

(b) Plat Berpori



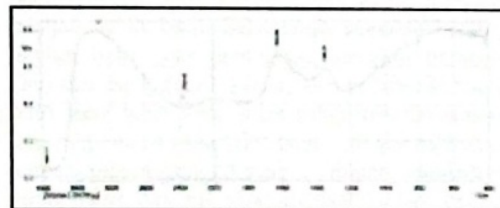
(c) Plat Berlubang (d) Multiple Orifice Nozzle

Gambar 13. Berbagai Macam Jenis Sparger

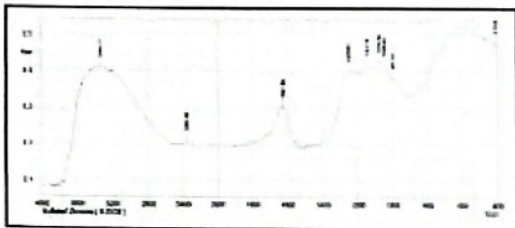
• Sintesa dan Karakterisasi Sulfated Zirconia

Preparasi katalis sulfated zirkonia telah dilakukan di Pusat Penelitian Fisika LIPI Puspiptek Serpong dengan prosedur sesuai referensi [6]. Analisa FTIR dilakukan di laboratorium analisa Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia, analisa luas permukaan BET dilakukan di BATAN -Puspiptek Serpong, sedangkan analisa XRD dilakukan di Pusat Laboratorium Terpadu, Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jakarta.

Sintesa katalis dari 100 gram $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ dihasilkan 48 gram Sulfated Zirkonia (yield 48 % massa). Hasil analisa FTIR sebelum diimpregnasi dengan asam sulfat yang berupa $Zr(OH)_4$ dan sesudah impregnasi dan kalsinasi (sulfated zirconia) ditunjukkan pada gambar 14 dan 15.



Gambar 14. Hasil Analisa FTIR $Zr(OH)_4$



Gambar 15. Hasil Analisa FTIR S-ZrO₂

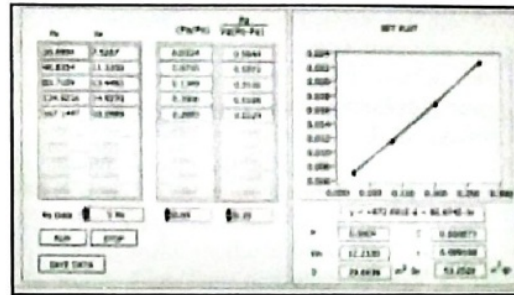
Gambar 14 dan 15 memperlihatkan adanya perbedaan profil absorbansi yaitu diantara panjang gelombang 1000 – 1280 cm⁻¹. Berdasarkan referensi [15], kelompok SO₂ dan SO dari senyawa sulfur menghasilkan band inframerah yang kuat dalam kisaran panjang gelombang 1000 – 1400 cm⁻¹. Pada tabel 3 diperlihatkan karakteristik panjang gelombang gugus S = O untuk sulfoxida, sulfonasi, asam sulfonat, sulfonamida, sulfonyl klorida dan sulfonat.

Tabel 3. Karakteristik *Infrared Bands* untuk Senyawa- Senyawa Sulfur

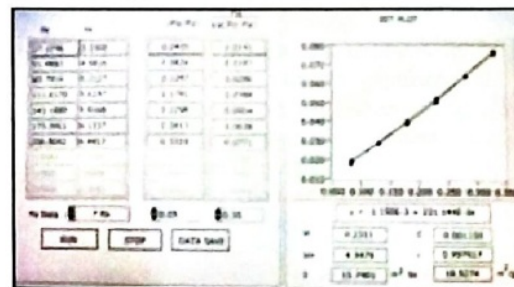
Wavenumber (cm ⁻¹)	Assignment
700-600	C-S stretching
550-450	S-S stretching
2500	S-H stretching
1300-1200	SO ₂ asymmetric stretching
1100-1120	SO ₂ symmetric stretching
1060-1020	S=O stretching

Berdasarkan hasil analisa FTIR pada gambar 15 dapat disimpulkan bahwa sulfatasi katalis zirkonia telah berhasil dilakukan terbukti dengan teridentifikasinya gugus sulfat pada panjang gelombang 997,20; 1045,42; 1074,35; 1143,79 dan 1249,87 cm⁻¹.

Analisa luas permukaan butir (BET) yang dihasilkan tanpa penghalusan adalah 35.1774 m²/g dengan penghalusan menggunakan mortar 53,2526 m²/g dan penggilingan dengan HEM 18,9274 m²/g. Hasil analisa BET dengan penghalusan mortar dan HEM disajikan pada gambar 16.



(a). BET Katalis dengan Penghalusan Mortar

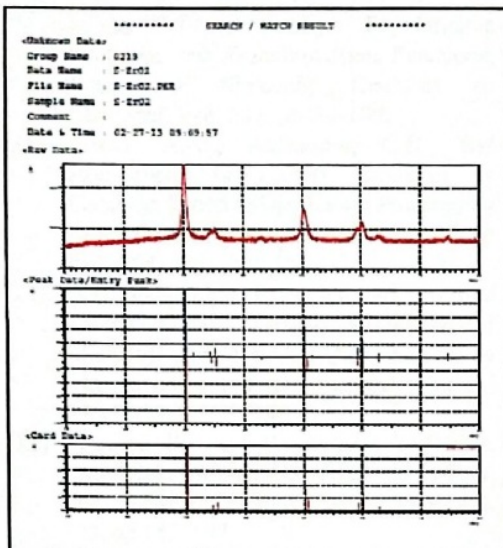


(b) BET Katalis dengan Penggilingan HEM

Gambar 16. Hasil Analisa Luas Permukaan Butir BET Katalis S-ZrO₂ Setelah Penghalusan

Proses penggilingan dimaksudkan untuk memperkecil ukuran butiran sehingga bisa diperoleh ukuran luas permukaan butir yang luas. Proses penggilingan dengan HEM dilakukan selama 48 jam.

Hasil pengukuran luas permukaan setelah dilakukan penggilingan dengan alat HEM didapatkan hasilnya lebih kecil dari pada sebelum penggilingan yang mana seharusnya hasilnya lebih besar. Hal ini disebabkan karena setelah proses penggilingan dan pengeringan terjadi penggumpalan butir, sehingga luas permukaannya menjadi lebih kecil. Seharusnya semakin kecil ukuran butir, luas permukaan semakin besar. Dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa ukuran butir yang lebih kecil tidak selalu memberikan luas permukaan yang lebih besar. Ini disebabkan karena proses penggilingan, butiran menjadi lebih halus dan ini akan mengakibatkan pori butir menjadi hilang akibat tertutup butir yang lebih halus atau butir menjadi pecah dan porinya menjadi hilang.



Gambar 17. Hasil Analisa XRD Katalis Sulfated Zirconia

Hasil analisa XRD katalis *sulfated zirconia* pada gambar 17 menunjukkan bahwa hanya ada satu fasa yaitu zirkonia (zirkonium dioksida). Hal ini menunjukkan keberhasilan proses kalsinasi katalis yang mengubah seluruh zirkonium hidroksida menjadi zirkonia.

IV. KESIMPULAN

1. Perancangan prototipe alat untuk sintesa biodiesel menggunakan RKG dengan kapasitas 1 L telah dilakukan. Pemurnian produk biodiesel dilakukan terpisah menggunakan rotary evaporator telah dipasang dan setelah diujicoba peralatan dapat beroperasi dengan baik.
2. Ujicoba prototipe dilakukan dengan variasi temperatur (250, 270 dan 290 °C), laju alir metanol (5; 7,5 dan 10 mL/menit) dan volume awal minyak (0,5 dan 1 L). Hasil terbaik pada temperatur reaksi 250 °C, laju alir metanol 10 mL/menit dengan volume awal minyak 1 L. Hasil analisa GC menunjukkan kualitas biodiesel memiliki kadar gliserol bebas, monogliserida, digliserida dan trigliserida berturut-turut 0,18 %; 0,005; 0,001; dan 0,017 %massa, ini telah memenuhi syarat EN 14214 maupun SNI 7182:2012.

3. Katalis *sulfated zirconia* telah disintesa dan dianalisa menggunakan FTIR, analisa fasa dengan XRD dan luar permukaan butir BET. Hasil menunjukkan keberhasilan dalam proses sulfatasi maupun kalsinasi dengan luas permukaan (BET) yang dihasilkan dengan penghalusan butir menggunakan mortar sebesar 53,2526 m²/g. Perlu dilakukan perbaikan proses untuk meningkatkan luas permukaan butir minimum 100 m²/g.
4. Perlu perbaikan protipe alat terutama pada sistem sparger dan sistem pendingin di kondensor untuk meningkatkan yield / produktifitas. Telah dipesan berbagai jenis sparger dan akan diujicoba dengan berbagai kondisi operasi dengan maupun tanpa katalis.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [19] Krawczyk, T. (1996), Biodiesel-Alternative Fuel Makes Inroads But Hurdles Remain, *INFORM*, Vol. 7, No. 8. pp 800-815.
- [20] Demirbas, A. (2002), Biodiesel from Vegetable Oils via Transesterification in Supercritical Methanol, *Energy Conversion & Management*, Vol. 43, pp 2349-2356.
- [21] Saka, S. and Kusdiana, D. (2001), Biodiesel Fuel from Rapeseed Oil as Prepared in Supercritical Methanol, *Fuel*, Vol. 80, pp 225-231.
- [22] Joelianingsih, Maeda, H., Nabetani, H., Sagara Y., Soerawidjaya, T.H., Tambunan, A.H., and Abdullah, K. (2008), Biodiesel Fuels from Palm Oil via the Non-Catalytic Transesterification in a Bubble Column Reactor at Atmospheric Pressure: a kinetic study, *Renewable Energy*, Vol. 33, No. 7. pp 1629-1636.
- [23] Petchmala, A., Laosiripojana, N., Jongsomjit, B., Goto, M., Panpranot, J., Mekasuwon-dumrong, O., and Shotipruk, A. (2010), Transesterification of Palm Oil and Esterification of Palm Fatty Acid in Near- and Super-Critical Methanol with SO₄-ZrO₂ Catalysts, *Fuel*, Vol. 89, pp 2387-2392.
- [24] Benjaram, M.R., Sreekanth, P.M., and Lakshmanan, P. (2005), Sulfated Zirconia

PERANCANGAN DAN UJI KINERJA PROTOTIPE REAKTOR KOLOM GELEMBUNG KAPASITAS SATU LITER UNTUK PRODUKSI BIODIESEL

ORIGINALITY REPORT

28%

SIMILARITY INDEX

28%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

fr.scribd.com

Internet Source

11%

2

adoc.tips

Internet Source

3%

3

id.scribd.com

Internet Source

2%

4

beluco.net

Internet Source

1%

5

media.neliti.com

Internet Source

1%

6

www.kmutt.ac.th

Internet Source

1%

7

Submitted to Monash University

Student Paper

1%

8

journal.ugm.ac.id

Internet Source

1%

9	Submitted to Universitas Jember Student Paper	1%
10	scholarship.law.cornell.edu Internet Source	1%
11	biodiedel.blogspot.com Internet Source	1%
12	www.researchgate.net Internet Source	1%
13	www.cafebiotecnologico.com.ar Internet Source	<1%
14	www.scribd.com Internet Source	<1%
15	docplayer.net Internet Source	<1%
16	konsultasiskripsi.com Internet Source	<1%
17	jurnalinstrumentasi.bsn.go.id Internet Source	<1%
18	es.scribd.com Internet Source	<1%
19	Submitted to Selçuk Üniversitesi Student Paper	<1%
20	warstek.com Internet Source	

<1%

21

Zaragoza Dörwald, . "Electrophilic Formation of Aromatic C-S Bonds", Side Reactions in Organic Synthesis II, 2014.

Publication

<1%

22

isnet.or.id

Internet Source

<1%

23

citation.itb.ac.id

Internet Source

<1%

24

pt.scribd.com

Internet Source

<1%

25

publikasi.iopri.org

Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

PERANCANGAN DAN UJI KINERJA PROTOTIPE REAKTOR KOLOM GELEMBUNG KAPASITAS SATU LITER UNTUK PRODUKSI BIODIESEL

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9
