



Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis $\text{Na}_2\text{O}/\text{Fly Ash}$ Menggunakan Iradiasi Gelombang Mikro

Zahratul Trixie Harinda* dan Nur Hidayati

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani, Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57102

*E-mail: trixieharinda@gmail.com

Abstract

Biodiesel is a renewable and biodegradable fuel for diesel engines. Waste cooking oil is a potential raw material for biodiesel production. Catalytic transesterification is preferable using heterogeneous catalyst due to easy separation of reaction product. This study reported the use of microwave irradiation to transform waste cooking oil to biodiesel using $\text{Na}_2\text{O}/\text{fly ash}$ catalyst. Power of microwave was varied at 500, 552 and 691 watt and reaction was carried out for 4 minutes. The largest yield was 87.59%, occurred at 552 watt microwave power. The use of microwave irradiation is more beneficial due shorter reaction time.

Keywords: Biodiesel, transesterification, microwave irradiation, heterogeneous catalysts, waste cooking oil.

Pendahuluan

Sebagian besar kebutuhan energi yang digunakan manusia selama ini bersumber dari bahan bakar fosil yang berkurang ketersediaannya di alam. Ketergantungan pada bahan bakar fosil tersebut memiliki ancaman cukup serius, salah satunya meningkatnya efek rumah kaca terutama disebabkan oleh polusi gas CO_2 (Pangestu and Zultiniar, 2015). Oleh sebab itu, dibutuhkan sumber energi terbarukan untuk terus mendukung kebutuhan energi bagi manusia. Salah satu sumber energi terbarukan adalah biodiesel yang merupakan bahan bakar ramah lingkungan, memiliki efek pelumasantinggi sehingga dapat memperpanjang umur mesin dan memiliki angka setana yang tinggi (> 50) (Aziz, Nurbayti and Ulum, 2011).

Biodiesel dapat diproduksi dari minyak nabati, lemak hewani, dan minyak sisa dari industri makanan yang terdiri dari trigliserida asam lemak C14-C20 (Chai *et al.*, 2007). Minyak sisa merupakan limbah yang dihasilkan dari industri makanan yang biasa disebut minyak jelantah. Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel merupakan solusi yang sangat baik. Penggunaan minyak jelantah dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan (Xiang, Xiang and Wang, 2017).

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi yang terjadi antara alkohol dan trigliserida yang menghasilkan campuran alkil ester dan produk samping berupa gliserol. Alkohol yang menjadi sumber gugus alkil yang umum digunakan adalah metanol, karena reaktifitasnya tinggi dan lebih ekonomis. Pada reaksi ini terjadi pemecahan senyawa trigliserida dan perpindahan gugus alkil antara senyawa ester. Ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi ini disebut biodiesel. Secara teori, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol untuk 1 mol trigliserida, dengan produk 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol.

Pada reaksi transesterifikasi, katalis basa yang sering digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH). Penggunaan katalis ini dapat meningkatkan produksi biodiesel, tetapi katalis bersifat korosif terhadap peralatan, tidak dapat digunakan kembali, dan proses pemisahan membutuhkan unit tambahan sehingga biaya yang dibutuhkan cukup tinggi (Chai *et al.*, 2007). Saat ini, katalis basa homogen sudah mulai dikurangi penggunaannya, dan diganti dengan katalis heterogen. Katalis heterogen memiliki berbagai kelebihan seperti, mudah dipisahkan dari produk, dapat digunakan kembali, lebih ramah lingkungan, lebih stabil dan tidak korosif (Adhari, Hamsyah; Yusnimar; Utami, 2016). Salah satu katalis heterogen yang dikembangkan adalah pemanfaatan *fly ash* teraktivasi. *Fly ash* atau abu layang merupakan limbah yang dihasilkan dari sisa pembakaran, baik dari pembakaran batu bara maupun biomassa lainnya. Komponen kimia yang terdapat pada *fly ash* meliputi, Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , dan lainnya (Wang, Li and Wei, 2014). *Fly ash* dapat mengandung fase alumina dan silika yang berbeda, seperti mullite, kuarsa, hematit, dan kalsit, juga mengandung senyawa anorganik lain seperti kapur dan sulfat (Bukhari *et al.*, 2015). *Fly ash* dapat diaktivasi dengan proses impregnasi dan kalsinasi.

Penelitian yang telah dilakukan untuk memperoleh produk biodiesel dengan katalis *fly ash* diantaranya, pembuatan biodiesel menggunakan katalis $\text{CaO}/\text{fly ash}$ dengan rasio katalis:reaktan sebesar 80:20, menghasilkan



yield 71,77% (Maulana *et al.*, 2014). Penggunaan katalis *fly ash* untuk pembuatan biodiesel, rasio metanol:minyak 15:1 selama 5-8 jam menghasilkan konversi sebesar 86,1% (Babajide and Petrik, 2010). Pembuatan biodiesel menggunakan katalis CaO/*fly ash* dengan rasio metanol : minyak 8:1 pada suhu 60°C menghasilkan yield 61,72% (Zelly *et al.*, 2016). Penelitian lain melaporkan bahwa pembuatan biodiesel menggunakan katalis Na₂O/*fly ash* dengan rasio metanol : minyak 8:1 pada suhu 60°C menghasilkan yield 77,33% (Fery *et al.*, 2011).

Ketepatan metode reaksi yang digunakan dapat mengurangi waktu reaksi pembuatan biodiesel. Metode tersebut diantaranya adalah metode iradiasi gelombang mikro. Sistem kerja dari metode ini adalah dengan melepaskan gelombang mikro yang dihasilkan oleh tabung elektron, sehingga molekul air dalam bahan akan teragitasi yang kemudian menimbulkan getaran dan akhirnya akan membentuk panas (Hidayanti *et al.*, 2015). Iradiasi gelombang mikro dapat secara tidak langsung meningkatkan laju reaksi transesterifikasi, mengoptimalkan kontrol proses, dan membantu meningkatkan efisiensi perpindahan panas, yang menghasilkan waktu reaksi kimia lebih singkat (Xiang, Xiang and Wang, 2017; Milano *et al.*, 2018). Penelitian terdahulu yang telah menggunakan metode iradiasi gelombang mikro yaitu, pembuatan biodiesel menggunakan katalis *fly ash* modifikasi (*fly ash* + NaOH + Na₂SO₄) dengan rasio metanol : minyak 9,67:1 pada suhu 66,2°C menghasilkan yield sebesar 94,91% (Xiang, Xiang and Wang, 2017). Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis Na₂O/*Fly ash* menggunakan metode iradiasi gelombang mikro masih terbatas. Oleh karena itu, kajian untuk mengetahui hasil biodiesel dari minyak jelantah menggunakan metode iradiasi gelombang mikro dan katalis Na₂O/*fly ash* perlu dilakukan.

Metode Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah aquadest, *fly ash* yang diperoleh dari Petrokimia Gresik, NaOH, metanol dan minyak jelantah. Minyak jelantah diperoleh dari limbah rumah tangga di Surakarta. Peralatan yang digunakan adalah *microwave*, dan peralatan gelas standar lainnya. Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Prosedur Penelitian Pembuatan katalis

Katalis dibuat dengan cara mengayak *fly ash* dengan menggunakan ayakan -200+300 mesh. *Fly ash* yang lolos pada ukuran 200 mesh selanjutnya dipanaskan pada suhu 540°C di dalam *furnace* selama 1 jam. Selanjutnya dilakukan aktivasi kimia dengan mencampurkan *fly ash* dengan NaOH (1:1,2). Setelah NaOH dan *fly ash* bercampur, kemudian dimasukkan ke dalam *furnace* selama 1 jam pada suhu 750°C. Setelah didinginkan, campuran NaOH *fly ash* dihaluskan, selanjutnya ditambah aquades dan kemudian diaduk selama 30 menit pada suhu 80°C. Setelah pengadukan selanjutnya dilakukan pengeringan pada suhu 105°C hingga kering. Katalis yang dihasilkan selanjutnya dianalisis menggunakan XRD.

Untuk mengetahui berat molekul minyak jelantah dilakukan dengan melakukan analisa GC-MS (*gas Chromatography-Mass Spectrometry*) dengan mengetahui komponen dan komposisinya. Analisa kadar air pada minyak jelantah dilakukan dengan cara memanaskan pada suhu 105°C selama 3 jam. Setelah analisa kadar air, selanjutnya dilakukan pengukuran kadar asam lemak bebas (ALB) pada minyak jelantah.

Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi biodiesel dilakukan dengan cara memanaskan minyak jelantah sebanyak 20 gram hingga mencapai suhu 60°C. Setelah mencapai suhu 60°C kemudian mencampurkan minyak jelantah dengan metanol (1:10) dan katalis Na₂O/*fly ash* (4%b). Campuran diaduk rata dan dimasukkan ke dalam *microwave* yang telah diatur daya dan waktunya. Proses transesterifikasi dengan radiasi *microwave* dilakukan dengan daya *microwave* yang bervariasi. Variasi daya sebesar, 500, 552, dan 691 *watt* dengan waktu reaksi 4 menit. Selanjutnya campuran reaksi yang dihasilkan disaring dan kemudian disimpan selama 24 jam di dalam corong pemisah. Setelah 24 jam selanjutnya dilakukan pemisahan antara biodiesel dan gliserol. Lapisan atas merupakan biodiesel, dan lapisan bawah merupakan gliserol.

Analisis Produk

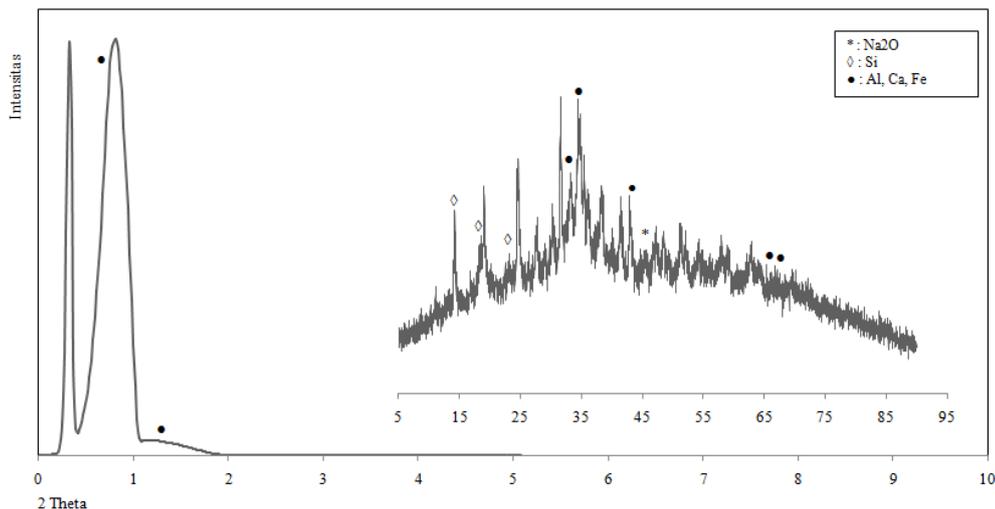
Biodiesel yang diperoleh selanjutnya ditimbang beratnya untuk menentukan *yield*. Kemudian dilakukan uji karakteristik biodiesel, serta analisis GC-MS untuk mengetahui komponen dan komposisi biodiesel.

Hasil dan Pembahasan

Uji XRD Katalis

Katalis yang telah diproduksi selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode Difraksi sinar-X. Uji XRD ini dilakukan untuk mengidentifikasi adanya fasa kristalin di dalam material, dan untuk menganalisis sifat-sifat struktur (seperti komposisi orientasi kristal) dari tiap fasa (Jamaluddin, 2010). Hasil uji XRD dilakukan pencocokan dengan data pada aplikasi *Match* dari 205°-90°. Data yang diperoleh menunjukkan unsur senyawa yang terkandung dalam

Fly ash dapat berupa alumina (Al_2O_3), silika (SiO_2), ferro oksida (Fe_2O_3), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO), dan natrium oksida (Na_2O).



Gambar 1. Pola XRD katalis $\text{Na}_2\text{O}/\text{fly ash}$

Data yang diperoleh dari hasil uji XRD kandungan dari *fly ash* paling besar adalah alumina mencapai lebih dari 50% dan silika mencapai 20%. Penambahan NaOH pada *fly ash* menunjukkan adanya kandungan natrium oksida pada katalis mencapai 5%. Secara umum penambahan NaOH tidak membedakan kandungan-kandungan pada *fly ash*, hal ini dapat disebabkan oleh pencampuran NaOH dan *fly ash* yang tidak merata sebelum dikalsinasi.

Karakteristik Minyak Jelantah

Hasil analisis minyak jelantah menggunakan GC-MS dapat digunakan untuk menghitung berat molekul minyak jelantah dengan mengetahui komposisi asam lemak yang terdapat dalam minyak jelantah. Tabel 1 menunjukkan karakteristik minyak jelantah bahan baku.

Tabel 1. Karakteristik Minyak Jelantah

Karakteristik	Nilai
Berat molekul (g/mol)	985,68
Massa jenis (g/mL)	0,973
ALB (%)	0,079
Kadar air (%)	0,059
Warna	Gelap, jernih

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh berat molekul asam lemak bebas (ALB) pada bahan baku sebesar 285,89 g/mol, sehingga berat molekul minyak jelantah yang diperoleh adalah 985,68 g/mol. Berdasarkan hasil karakteristik minyak jelantah yang diperoleh, kadar air pada bahan baku cukup rendah yaitu 0,059%. Kadar ALB dari hasil analisa kurang dari 1%, sehingga pembuatan biodiesel tidak perlu dilakukan reaksi esterifikasi terlebih dahulu (Sartika, 2015).

Pengaruh Daya Gelombang Mikro Terhadap Produk Biodiesel

Pada penelitian ini, pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan katalis basa heterogen $\text{Na}_2\text{O}/\text{Fly ash}$ 4% (berat minyak jelantah) pada waktu 4 menit dalam berbagai variasi daya gelombang mikro. Hasil biodiesel serta *yield* yang diperoleh dengan menggunakan iradiasi gelombang mikro pada berbagai variasi daya dapat dilihat pada Tabel 2.

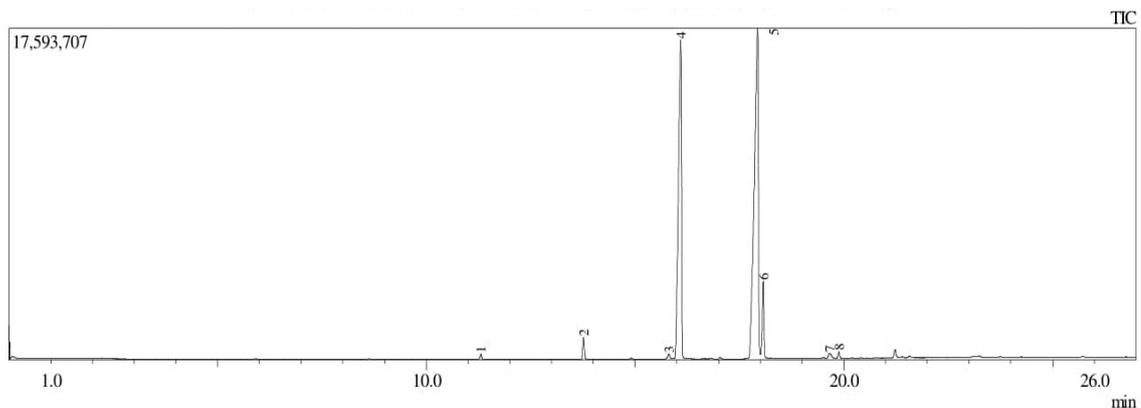
Tabel 2. *Yield* biodiesel yang dihasilkan

Daya (Watt)	Volume Biodiesel (mL)	Yield (%)
500	17	82,73
552	18	87,56
691	5,4	26,28

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa *yield* yang dihasilkan cenderung mengalami peningkatan pada kenaikan daya *microwave* yang digunakan. Hasil biodiesel maksimum terjadi pada daya 552 watt dengan *yield* sebesar 87,56% pada rentang daya yang diuji. Penggunaan daya 691 watt menunjukkan adanya penurunan hasil biodiesel yang cukup besar. Hal ini mungkin disebabkan oleh transfer panas yang efektif sehingga mengakibatkan naiknya suhu pada saat reaksi dengan cepat (Haryanto *et al.*, 2015). Pengukuran suhu yang dilakukan pada daya 691 watt dapat mencapai lebih dari 90°C. Suhu yang dihasilkan tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan suhu penguapan metanol, sehingga pada saat reaksi tersebut berlangsung sebagian metanol berada pada fase uap dan menyebabkan penurunan efektivitas reaksi. Pada saat terjadi kenaikan suhu yang tinggi tersebut, hasil biodiesel yang didapatkan juga berubah, warnanya menjadi coklat tua jernih.

Analisis GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)

Biodiesel yang diperoleh dilakukan analisis komposisinya menggunakan GC-MS. Hasil analisa GC-MS dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 3.



Gambar 2. Kromatogram biodiesel hasil analisis GC-MS

Tabel 3. Komposisi biodiesel hasil analisis GC-MS

Puncak	Komposisi (%)	Senyawa dalam biodiesel
1	0,31	Metil laurat
2	1,34	Metil miristat
3	0,32	Metil palmitoleat
4	39,04	Metil palmitat
5	52,80	Metil oleat
6	5,13	Metil stearat
7	0,64	Asam oleat
8	0,42	Metil arachat

Dari Gambar 2 dan Tabel 3 dapat dilihat bahwa hasil biodiesel yang diperoleh didominasi oleh metil oleat sebesar 52,80% dan metil palmitat 39,04%. Dari data komposisi tersebut didapat kadar metil ester dalam biodiesel sebesar 99,36%, kadar tersebut telah memenuhi persyaratan mutu biodiesel yaitu minimal 96,5% (SNI, 2015).

Karakteristik Produk Biodiesel

Untuk mengetahui karakteristik produk biodiesel yang dihasilkan, maka dilakukan beberapa uji parameter biodiesel sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil uji produk biodiesel dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik produk biodiesel

Jenis uji	Satuan	Hasil uji	Metode pengujian	SNI
<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	cSt	6,13	ASTM D 445-97	2,3 – 6,0
<i>Flash Point</i>	°C	174	ASTM D 93-00	min. 100
<i>Conradson Carbon Residue</i>	%	0,138	ASTM D 189-97	maks. 0,3
Angka Asam	Mg-KOH/g	4,79	SNI 7431-2015	maks. 0,5

Karakteristik produk biodiesel yang dihasilkan apabila dibandingkan dengan syarat mutu biodiesel SNI dari segi, titik nyala dan residu karbon telah memenuhi syarat yang ditetapkan. Dengan diperolehnya hasil biodiesel yang



dianalisa dengan metode GC maupun SNI, proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dapat dilakukan menggunakan bantuan iradiasi gelombang mikro dengan katalis heterogen $\text{Na}_2\text{O}/\text{Fly ash}$.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, iradiasi gelombang mikro (*microwave*) dapat dimanfaatkan dalam pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis basa heterogen $\text{Na}_2\text{O}/\text{Fly ash}$. Pembuatan biodiesel dengan bantuan gelombang mikro membutuhkan waktu lebih singkat jika dibandingkan dengan proses pembuatan secara konvensional. Pengaruh daya *microwave* terhadap produk pada waktu reaksi 4 menit menunjukkan bahwa semakin besar daya *microwave* produk yang dihasilkan cenderung meningkat sampai titik optimum dan kemudian akan menurun kembali. Produksi biodiesel optimum terjadi pada daya 552 watt, dengan yield 87,56%. Secara umum kualitas produk biodiesel telah memenuhi standar ketentuan biodiesel yang ditetapkan oleh SNI (SNI 7182:2015).

Daftar Pustaka

- Adhari, Hamsyah ; Yusnimar; Utami, S. P. Pemanfaatan minyak jelantah menjadi biodiesel dengan katalis zno presipitan zinc karbonat : pengaruh waktu reaksi dan jumlah katalis. 2016; 3(2): pp. 1–7.
- Aziz, I., Nurbayati, S. and Ulum, B. Pembuatan produk biodiesel dari minyak goreng bekas dengan cara esterifikasi dan transesterifikasi. 2011; 2(3): pp. 443–448.
- Babajide, O. O. and Petrik, L. F. Use of coal fly ash as a catalyst in the production of biodiesel use of coal fly ash as a catalyst in the production of biodiesel. 2010.
- Bukhari, S. S, Jhamsid B, Hossein K, Sohrab R. Conversion of coal fly ash to zeolite utilizing microwave and ultrasound energies: A review. *Fuel*. Elsevier Ltd. 2015; pp. 250–266.
- Chai, F, Fenghua C, Fengying Z, Yang C, Xiaohong W, Zhongmin S. Transesterification of vegetable oil to biodiesel using a heteropolyacid solid catalyst. *Advanced Synthesis and Catalysis*. 2007; 349(7): pp. 1057–1065.
- Fery, J, Zuchra H, Edy S. Penggunaan Na_2O / fly ash sebagai katalis pada tahap transesterifikasi minyak sawit off-grade menjadi biodiesel. 2011; pp. 1–8.
- Haryanto, A, Uilly S, Sugeng T, Sigit P. Produksi biodiesel dari transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro : pengaruh intensitas daya dan waktu reaksi Reaction Time on the Yield and Biodiesel Characteristic. 2015; 35(2): pp. 234–240.
- Hidayanti, N, Nurcahyanti A, Rahmawati J, Suryanto, Mahfud. Produksi biodiesel dari minyak kelapa dengan katalis basa melalui proses transesterifikasi menggunakan gelombang mikro (*microwave*). *Teknik Kimia*. 2015; 10(1): pp. 13–18.
- Jamaluddin. X-Ray Diffractions. 2010
- Maulana Robi, Zuchra H, Sedy S. Preparasi Katalis CaO / Fly Ash dan Penggunaannya pada Reaksi. 2014; pp. 1–5.
- Milano, J. *et al*. Optimization of biodiesel production by microwave irradiation-assisted transesterification for waste cooking oil-*Calophyllum inophyllum* oil via response surface methodology. *Energy Conversion and Management*. Elsevier. 2018; pp. 400–415.
- Nugraha PZ, Zuchra H, Edy S. Penggunaan katalis fly ash yang diimpregnasi dengan CaO dari $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ pada tahap transesterifikasi minyak sawit off grade menjadi biodiesel. 2016; 3(1): pp. 4–9.
- Pangestu, W. and Zultiniar, Y. Perengkahan katalitik palm fatty acid distillate menjadi biofuel menggunakan fly ash sawit. 2015; 1(1): pp. 1–5.
- Sartika, A., Nurhayati and Muhdarina. Esterifikasi Minyak Goreng Bekas dengan Katalis H_2SO_4 Dan Transesterifikasi dengan Katalis CaO dari Cangkang Kerang Darah: Variasi Kondisi Esterifikasi. *Jom Fmipa*, 2015; 2(1): pp. 178–185.
- Xiang, Y., Xiang, Y. and Wang, L. Microwave radiation improves biodiesel yields from waste cooking oil in the presence of modified coal fly ash. *Journal of Taibah University for Science*. 2017; 11(6): pp. 1019–1029.



Lembar Tanya Jawab

Moderator : Aspiyanto (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Serpong)
Notulen : Indriana Lestari (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Aditya Yudiantoko (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apakah yang terjadi jika salah satu komponen katalis $\text{Na}_2\text{O}/\text{fly ash}$ diperbesar?
Jawaban : Jika jumlah NaOH ditingkatkan, maka setelah proses kalsinasi, katalis menjadi keras sehingga sulit untuk dihancurkan, selain itu juga mengakibatkan katalis memiliki ukuran yang bervariasi dan dapat menggumpal kembali.
2. Penanya : Ramli Sitanggang (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Seperti apakah spesifikasi dari *microwave* yang digunakan?
Jawaban : *Microwave* yang digunakan dalam penelitian ini adalah merek Panasonic yang dimodifikasi pada bagian tengah atasnya, yaitu diberi lubang untuk meletakkan motor pengaduk. *Microwave* ini memiliki tingkatan daya (*level power*) dari *low*, *medium*, *medium high* dan *high* dengan kebutuhan daya sekitar 500 – 720 watt. Dalam aplikasinya sampel minyak-katalis-metanol diletakkan di dalam piringan *microwave* dengan wadah erlenmeyer dan diberi pengaduk, dilanjutkan reaksi transesterifikasi dengan daya yang bervariasi.
3. Penanya : Mutiara Syarisa (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Adakah pengaruh terhadap katalis saat dikalsinasi pada suhu 750 °C selama 1 jam?
Jawaban : Pengaruh kalsinasi terhadap katalis belum pernah dilakukan (dicek), karena penelitian ini berfokus pada pembuatan biodiesel. Adapun keterbaruan dari penelitian ini adalah pada penggunaan radiasi gelombang mikro. Sudah dilakukan penelitian yang membandingkan antara penggunaan gelombang mikro dengan penggunaan ultrasonik, dan diperoleh hasil bahwa gelombang mikro menghasilkan reaksi lebih cepat dibandingkan ultrasonik.
4. Penanya : Aspiyanto (LIPI Kimia, Serpong)
Pertanyaan : Berasal dari proses pangan apakah minyak yang digunakan dalam penelitian ini?
Jawaban : Minyak jelantah yang digunakan berasal dari sisa industri rumah tangga.

