

Efek Konsentrasi Katalis OH⁻-zeolit pada Produksi Biodiesel dengan Metode Elektrolisis

Rudy SyahPutra^{1,2a)}, Rizky Ulfa Permata^{1,b)}, Maulina Hilmiati^{1,c)}, Noviani Nurma Arif^{1,d)}, Affifah Elok Fitriati^{1,e)}

¹Program Studi Kimia, ²Kelompok Bidang Ilmu Penelitian Energi terbarukan dan Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584

^aemail: rudy.syahputra@uii.ac.id

^bemail: 15612165@students.uui.ac.id

^cemail: 15612153@students.uui.ac.id

^demail: 15612154@students.uui.ac.id

^eemail: 15612176@students.uui.ac.id

Abstrak

Bahan bakar biodiesel yang terdiri dari metil ester dapat diproduksi dari minyak nabati dan hewani dengan proses metanolisis. Biodiesel menjadi energi alternatif yang menjanjikan karena ramah lingkungan, nilainya ekonomis, memiliki daya pelumas yang tinggi, aman dan tidak beracun. Sintesis biodiesel pada penelitian ini dilakukan dengan gabungan proses elektrolisis dan katalis basa heterogen zeolit (OH⁻-zeolit). Proses elektrolisis dilakukan pada suhu kamar (25°C) tanpa menghasilkan produk samping yaitu penyabunan. Variabel yang dipelajari adalah pengaruh konsentrasi katalis OH⁻-zeolit terhadap berat minyak b/b(2%, 3%, dan 5%) serta perlakuan preparasi katalis OH⁻-zeolit. Waktu elektrolisis yang digunakan adalah 60 menit dengan tegangan konstan 18.2 V. Produk biodiesel berupa metil ester asam lemak bebas dianalisis dengan Kromatografi Gas- Spektrometer Massa (KG-SM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyusun utama biodiesel adalah metil linoleat, palmitat dan stearate. Percobaan awal sintesis biodiesel dilakukan dengan menggunakan minyak kedelai sehingga dihasilkan kandungan biodiesel dengan masing-masing berat katalis OH⁻-zeolit terhadap berat minyak kedelai berturut-turut adalah untuk pencucian hingga pH 7 (2% = 30.21%, 3% = 31.58 %, 5% = 70.139%, dan 10%= 29.95%), sedangkan untuk katalis melalui pencucian 10 kali saat 5% = 35.25% dan katalis tanpa pencucian 5% = 55.27%. Kondisi optimum proses sintesis biodiesel diperoleh saat katalis OH⁻-zeolit 5% dengan dicuci hingga pH 7 didapatkan kandungan biodiesel sebesar 70.1% dengan waktu elektrolisis 60 menit dan tegangan konstan sebesar 18.2V.

Kata-kata kunci: Biodiesel, OH⁻-zeolit, Minyak Kedelai, Proses elektrolisis

PENDAHULUAN

Kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi di Indonesia telah memberikan dampak yang sangat luas di berbagai sektor kehidupan. Sektor yang paling cepat terkena dampaknya adalah sektor transportasi. Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi yang cukup tinggi di dunia. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian ESDM, dalam beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi energi Indonesia mencapai 7% per tahun. Angka tersebut berada di atas pertumbuhan konsumsi energi dunia yaitu 2,6% per tahun. Konsumsi energi Indonesia tersebut terbagi untuk sektor industri (50%), transportasi (34%), rumah tangga (12%) dan komersial (4%) [1].

Konsumsi akan bahan bakar seperti yang di atas tidak seimbang dengan ketersediaan sumber energi yang terbatas, terlebih minyak bumi merupakan salah satu energi yang tidak dapat diperbaharui. Dari permasalahan

ini Indonesia memerlukan pengembangan sumber energi terbarukan sebagai energi alternatif campuran bahan bakar untuk menghemat penggunaan bahan bakar minyak [2]. Sebagaimana ketersediaan fosil yang terbatas sedangkan permintaan energi terus meningkat sehingga banyak penelitian yang mengarah pada bahan bakar alternatif terbarukan yang tidak beracun dan mudah terbuang yang menjanjikan seperti biodiesel. Biodiesel sangat baik digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Selain itu, juga menunjukkan penurunan emisi CO, SO_x, hidrokarbon yang tidak terbakar dan partikulat selama proses pembakaran [3-5]. Biodiesel (B100) adalah produk Fatty Acid Methyl Ester (FAME) atau Mono Alkyl Ester yang dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomassa lainnya yang di proses secara esterifikasi. Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati, lemak hewan, dan minyak jelantah [6]. Bahan baku minyak nabati yang melimpah di negara Indonesia adalah minyak jelantah. Jika minyak jelantah ini terus-menerus dibuang akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan.

Pada sintesis biodiesel dapat digunakan katalis homogen maupun heterogen. Katalis dalam fase yang sama dengan biodiesel cair disebut katalis homogen, yang dibagi menjadi kelompok asam (asam sulfat dan asam klorat) serta kelompok basa (natrium hidroksida dan kalium hidroksida). Sebaliknya, jika pada akhir reaksi katalis berada pada fase lain daripada fase reaktan seperti campuran pada fase gas, padat, dan cair disebut katalis heterogen [7-8]. Saat ini, katalis homogen yang biasa digunakan untuk produksi biodiesel yaitu NaOH, KOH, H₂PO₄, dan H₂SO₄. Sistem katalitik semacam ini memiliki banyak kelemahan, diantaranya dapat mencemari lingkungan, kesulitan dalam pemisahan dan pemurnian produk dari air limbah, sensitif terhadap asam lemak bebas dan mempercepat peralatan yang digunakan menjadi korosi [9]. Kelemahan pada penggunaan katalis basa homogen dapat ditangani dengan katalis basa heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang terjadi dalam fase yang lebih dari satu, berupa padatan dalam cairan atau padatan dalam gas [10]. Selain itu katalis basa heterogen juga dapat diregenerasi untuk digunakan kembali setelah proses pemisahan [11]. Katalis heterogen yang telah dicoba untuk produksi biodiesel yaitu zeolit alam. Zeolit adalah salah satu komoditas mineral non logam atau mineral industri multiguna karena memiliki sifat fisika dan kimia sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator [12]. Indonesia mempunyai potensi zeolit alam yang cukup besar. Zeolit alam ini umumnya mempunyai kandungan silika sebesar 60%, selain itu juga mengandung komponen alumina. Silika dan alumina merupakan senyawa oksida yang dapat digunakan sebagai katalis, khususnya dalam proses dehidrasi [10].

Penelitian mengenai sintesis biodiesel terus dilakukan dengan berbagai metode salah satunya adalah sintesis biodiesel dengan menggunakan metode elektrolisis. Metode ini memiliki beberapa keuntungan yaitu dapat dilakukan pada suhu kamar dan air yang terkandung pada bahan baku minyak jelantah dapat langsung digunakan sebagai elektrokatalitik [6]. Pada penelitian ini akan digunakan katalis OH⁻-zeolit dengan proses elektrolisis pada suhu kamar untuk meningkatkan efisiensi sintesis biodiesel.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak kedelai, metanol, *co-solvent* THF, NaOH, Na₂SO₄, zeolite dan aquades. Alat-alat yang digunakan adalah berbagai peralatan reaktor biodiesel yang terbuat dari bahan kaca transparan, potensial DC, elektroda grafit dengan dimensi 10 mm (diameter) x 130 mm (panjang) serta *magnetic stirrer*, neraca analitik, pompa vakum, dan instrumentasi kromatografi gas massa untuk analisis komponen biodiesel. Rancangan reaktor produksi biodiesel yang akan digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

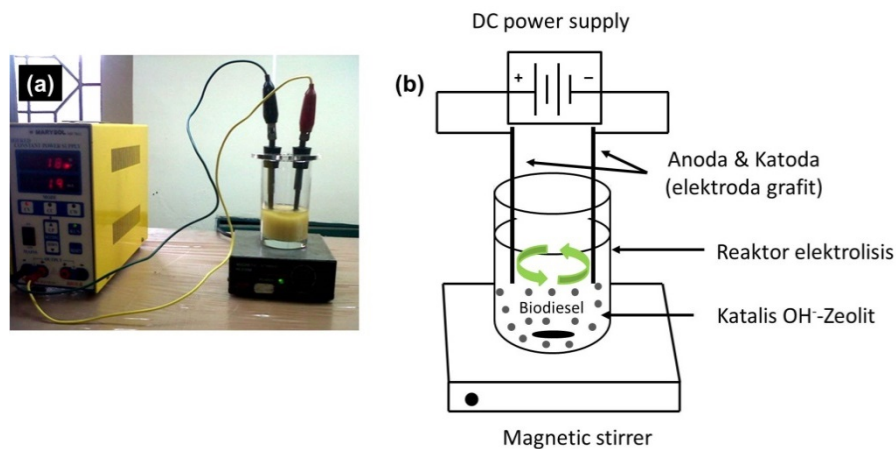
Preparasi Katalis OH-Zeolit

Proses pembuatan katalis meliputi pengaktivasian berupa perlakuan kimia (NaOH), pencucian, dan proses kalsinasi. Langkah awal yang dilakukan yaitu pembuatan katalis OH-Zeolit melalui pengaktivasian sampel zeolit. Zeolit alam sebanyak 200 gram dilarutkan dengan 400 mL NaOH 3M menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 jam pada suhu 90°C dan kecepatan yang digunakan 100 rpm. Kemudian dilakukan pemisahan antara endapan zeolit dengan larutan NaOH. Katalis OH-Zeolit yang didapatkan dicuci dengan aquades sehingga menghasilkan pH 7. Zeolit dipisahkan dari kelebihan air dengan menggunakan saringan penghisap atau pompa vacuum. Endapan zeolit yang didapatkan dikeringkan pada suhu kamar dengan cara diangin-anginkan selama tiga hari. Proses kalsinasi zeolit dilakukan pada suhu 450°C selama 4 jam. Uji karakteristik katalis zeolit alam dan zeolite setelah aktivasi basa dilakukan dengan Fourier Transform Infra Red (FTIR) untuk mengetahui karakter zeolit yang digunakan.

Sintesis Biodiesel dengan Proses Metanolisis dan Elektrolisis

Metanolisis merupakan proses penambahan alkohol terhadap suatu minyak atau trigliserida . Pada penelitian ini digunakan metanol yang kemudian ditambahkan kedalam minyak kedelai dengan perbandingan antara minyak kedelai dan metanol yaitu 1 : 6, digunakan berat minyak kedelai sebesar 50 gram. Metanol merupakan pelarut yang bersifat polar sehingga jika dicampurkan kedalam suatu minyak akan terbentuk dua fasa. Selanjutnya digunakan *co-solvent* berupa Tetra Hidro Furan (THF) untuk menyatukan lapisan campuran metanol dan minyak kedelai dengan perbandingan volume antara metanol dan THF yaitu 1 : 1 sehingga terbentuk 1 fasa campuran.

Setelah melalui tahapan metanolisis pada minyak kedelai maka dilanjutkan dengan tahap elektrolisis dimana campuran minyak kedelai tersebut dimasukkan kedalam reaktor elektrolisis 100 mL yang dilengkapi dengan dua buah elektroda grafit berdimensi 10 mm (diameter) x 130 mm (panjang). Selanjutnya ditambahkan katalis OH⁻-zeolit yang telah dipreparasi sebelumnya. Proses elektrolisis pada campuran tersebut dilakukan pada suhu kamar (25°C) dengan tegangan konstan 18.2 volt selama 1 jam



Gambar 1. Rangkaian alat elektrolisis yang digunakan dalam penelitian

Variabel Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa perlakuan yaitu pada variasi berat katalis dan perlakuan setelah aktivasi katalis OH⁻-Zeolit. Variasi berat katalis (b/b) yang digunakan pada katalis OH⁻-zeolit yaitu (2%, 3%, 5%, 10%, dan 20%) yang dilakukan melalui pencucian dengan aquadest hingga pH netral setelah dilakukannya aktivasi pada katalis. Variasi selanjutnya dilakukan pada presentase katalis 5% (b/b) tanpa melalui pencucian dengan aquadest. Selanjutnya untuk variabel terakhir presentase katalis 5% (b/b) zeolit teraktivasi dilakukan pencucian sebanyak sepuluh kali menggunakan aquadest.

Proses Pemisahan dan Analisis Biodiesel

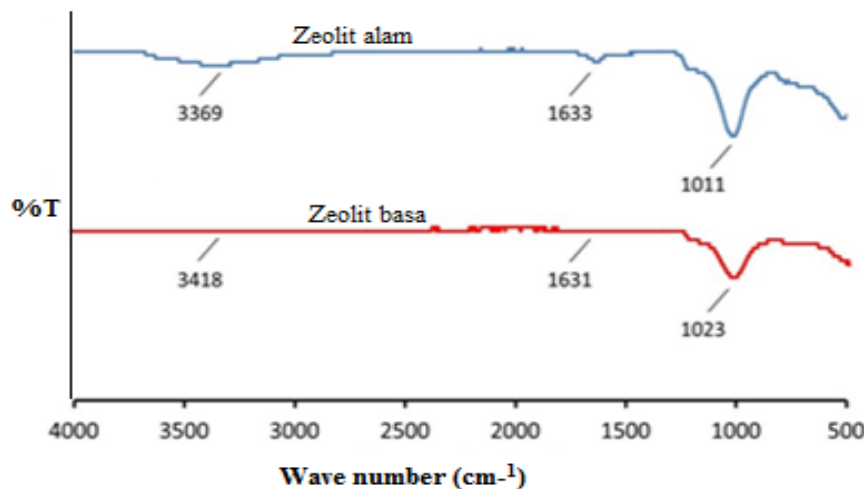
Reaksi transesterifikasi yang terjadi pada proses elektrolisis menghasilkan dua lapisan yaitu lapisan bawah berwarna coklat keruh berupa lapisan gliserol, sedangkan pada lapisan atas berwarna kuning keruh yang merupakan lapisan biodiesel. Kedua senyawa tersebut tidak saling larut sehingga membentuk dua fasa yang dapat dipisahkan dengan corong pisah. Biodiesel yang diperoleh masih mengandung residu antara lain sisa hasil reaksi penyabunan, metanol yang tidak bereaksi dan gliserol yang tidak terpisah. Produk biodiesel dicuci dengan aquades untuk menghilangkan residu, kemudian ditambahkan Na₂SO₄ untuk mengikat sisa aquadest yang tercampur dalam biodiesel. Tahap selanjutnya yaitu dengan melakukan evaporasi pada suhu 75°C dengan kecepatan *evaporator* 90 rpm selama 1 jam. Biodiesel yang dihasilkan dikarakterisasi dengan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (KG-SM). Konversi metil ester dilakukan dengan menghitung kandungan rendemen yang ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$Rendemen\ Biodiesel\ (\%) = \frac{\text{Bobot biodiesel setelah pencucian (g)}}{\text{Bobot minyak kedelai awal (g)}} \times 100\% \tag{1}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Katalis

Analisis karakteristik zeolit alam dan zeolite setelah aktivasi basa dilakukan dengan Fourier Transform Infra Red (FTIR) untuk mengetahui karakter zeolit yang digunakan. Secara spektroskopis, zeolit dapat diamati pada rentang daerah bilangan gelombang $300\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$. Panjang gelombang tersebut merupakan daerah utama serapan ikatan tetrahedral dari komponen utama penyusun zeolit yaitu SiO_4 dan AlO_4 [13]. Gambar 2 menunjukkan spektra FTIR zeolit alam dan zeolite teraktivasi basa. Spektra FTIR zeolite alam menunjukkan puncak lebar pada 3369 cm^{-1} berkaitan dengan vibrasi OH ulur. Pada daerah $400\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ terlihat bahwa puncak tajam pada serapan 1633 cm^{-1} yang menandakan vibrasi Si-O, dan daerah 1011 cm^{-1} adanya vibrasi Al-O. Sedangkan spektra zeolit alam teraktivasi basa menunjukkan puncak pada 1023 cm^{-1} (gugus Al-O) yang lebih lebar dibandingkan dengan zeolite alam, bahu sekitar 1200 cm^{-1} (uluran asimetris), puncak 3418 cm^{-1} (gugus -OH) yang lebih sempit dibandingkan zeolit alam.



Gambar 2. Spektra FTIR zeolite alam dan zeolite basa sebagai katalis pada sintesis biodiesel dengan metode elektrolisis

Mekanisme Proses Elektrolisis pada Sintesis Biodiesel

Skema 1 menunjukkan tahapan reaksi dari reaksi transesterifikasi katalis basa Tahap pertama diawali dengan adanya serangan atom karbonil pada molekul trigliserida dengan anion dari alkohol (metanol) untuk membentuk *tetrahedral intermediat*. Tahap kedua, *tetrahedral intermediat* bereaksi dengan metanol membentuk kembali anion pada alkohol (ion metoksida). Tahap ketiga, penyusunan kembali hasil *tetrahedral intermediat*. Ketika katalis zeolit basa dicampurkan dengan metanol alkoksida akan terbentuk. Kelebihan dari penggunaan katalis zeolit basa (OH^- -zeolit) ini dapat meminimalisasi terbentuknya sabun, bahkan tidak ada reaksi penyabunan yang dihasilkan.

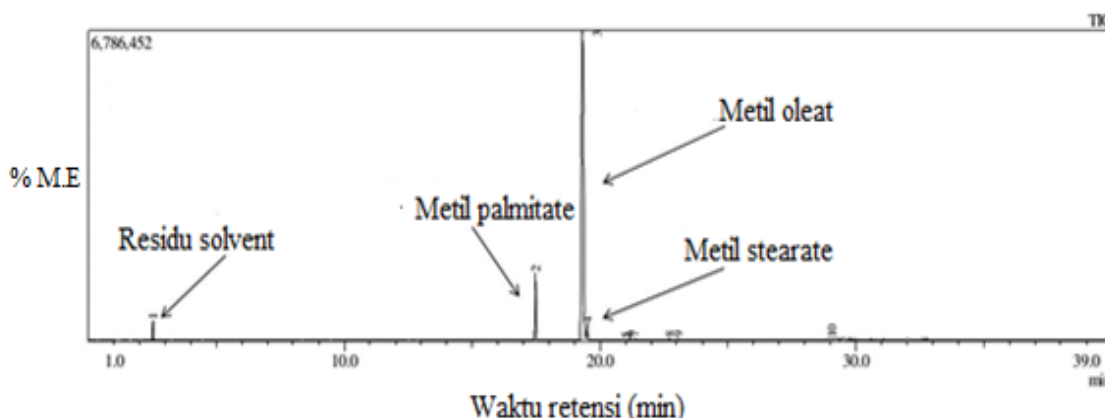
Skema 2 menunjukkan mekanisme reaksi elektrolisis yang terjadi pada proses sintesis biodiesel. Reaksi elektrolisis di anoda akan membentuk hidoksida atau oksigen, ketika campuran pelarut dan katalis zeolit dimasukkan ke dalam sel elektrolisis (reaksi 3-4). Sedangkan pada katoda akan menghasilkan gas hidrogen dan ion hidoksida (reaksi 5). Transesterifikasi trigliserida membutuhkan spesies aktif ion metoksida, sehingga ion hidoksida akan bereaksi dengan metanol untuk membentuk ion metoksi (reaksi 6). Ion monoksida hasil dari reaksi metanol dan hidoksida bersifat sangat nukleofilik, Serangan ion metoksida pada atom karbon karbonil trigliserida menghasilkan intermediat tetrahedral yang kemudian mengalami eliminasi yang diikuti terbentuknya metil ester dan gliserol sebagai produk akhir (reaksi 7).

Tabel 1. Persentase rendemen pada konversi biodiesel dari minyak kedelai dengan variasi % berat katalis zeolite basa

Perlakuan katalis	Konsentrasi katalis (% berat katalis/berat minyak)				
	2%	3%	5%	10%	20%
Pencucian (pH 7)	30, 2	31, 6	70, 1	29, 9	55, 6
Tanpa pencucian	-	-	55, 2	-	-
Pencucian 10x	-	-	35, 3	-	-

Konversi biodiesel yang optimum yaitu pada penggunaan katalis 5% melalui proses pencucian hingga pH 7 dibandingkan dengan katalis tanpa proses pencucian dan pencucian sebanyak 10x. Tujuan dari pencucian katalis OH⁻-zeolit hingga pH 7 adalah untuk menghilangkan keraguan OH⁻ yang terpakai saat proses sintesis biodiesel yang tidak berasal dari residu alkalin saat proses aktivasi katalis, akan tetapi OH⁻ yang berasal dari kebasaaan zeolit yang terikat struktur zeolit. Hasil biodiesel yang diperoleh dari menggunakan katalis ini adalah sebesar sebesar 70, 1%.

Gambar 3 menunjukkan komponen metil ester hasil analisis KG-SM pada proses elektrolisis dengan menggunakan katalis zeolit basa. Senyawa metil ester yang diperoleh dari sintesis biodiesel dari minyak kedelai pada penelitian ini adalah metil oleat, metil palmitat dan metil stearate dengan komponen terbesar metil ester didominasi metil oleat. Senyawa metil ester yang diperoleh tersebut sesuai dengan kandungan asam lemak yang terdapat pada bahan dasar minyak kedelai yang digunakan untuk sintesis yaitu asam palmitat, asam linolenat, asam stearat, asam linoleat, dan asam oleat.



Gambar 3. Kromatogram KG-SM hasil konversi biodiesel dari minyak kedelai menggunakan katalis zeolit basa.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah dipelajari penggunaan zeolit alam sebagai katalis basa heterogen untuk transesterifikasi pada minyak kedelai menjadi biodiesel dengan proses metanolisis menggunakan metode elektrolisis. Pada penelitian ini, metode elektrolisis dimuat untuk reaksi transesterifikasi dalam persen zeolit alam. Parameter banyaknya NaOH dimuat pada konsentrasi katalis zeolit, preparasi katalis, rasio metanol terhadap minyak, pelarut, waktu, dan tegangan konstan telah dipelajari pada hasil biodiesel. Hasil terbaik konversi biodiesel dari minyak kedelai diperoleh pada penggunaan OH⁻-zeolit sebesar 5% melalui proses pencucian hingga pH 7 setelah dikalsinasi pada 450°C selama 1 jam, rasio molar minyak kedelai dengan metanol 1:6, perbandingan volume antara metanol dengan THF 1:1 dengan waktu elektrolisis 60 menit dan tegangan konstan 18, 2 V dihasilkan rendemen biodiesel sebesar 70, 1%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas bantuan dana penelitian melalui PENELITIAN PRODUK TERAPAN tahun fiskal 2017/2018

REFERENSI

1. Anonim. BPPT, *Outlook Energi Indonesia 2013*. Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi, Jakarta (2012)
2. Susilowati, *Peranan Istri Pelayan dalam Meningkatkan Kesejahteraan Rumah Tangga (Di Desa Kabongan Lor Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang)*, Skripsi, Universitas Negeri Semarang, Semarang (2006)
3. Fangrui Ma, Milford. A., Hanna, *Biodiesel production: A review*, Journal Bioesurce Technology, vol. 70, pp. 1-15 (1999)
4. A.S. Ramdhas, S. Jayaraj, dan C. Muraleedharan, *Biodiesel Production from High FFA Rubber Seed Oil*, Journal of Fuel, vol. 84, pp. 335-340 (2005)
5. Karmee, S.K., Chandna, D., Ravi, R., and Chadha A, *Kinetic of Base Catalyzed Transesterification of Triglycerides from Pongamia Oil*, Journal of Oil Chem. Soc, Vol. 83, pp. :873-877 (2006)
6. Guan. G, Kusakabe. K, dan Yamasaki. S, *Tri-potassium phosphate as a solid catalysts for biodiesel production from waste cooking oil*, Journal of Fuel Processing Technology, vol. 90, pp. 520-524 (2009)
7. De Vasconcellos, A., Paula, A. S., Luizon Filho, R. A., Farias, L. A., Gomes, E., Aranda, D. A., & Nery, J. G., *Synergistic effect in the catalytic activity of lipase Rhizomucor miehei immobilized on zeolites for the production of biodiesel*, Journal of Microporous and Mesoporous Materials, Vol. 163, pp. 343-355 (2012)
8. Kay, K. H., & Yasir, S.M., *Biodiesel production from low quality crude Jatropha oil using heterogeneous catalyst*, APCBEE Procedia, No. 3, pp. 23-27 (2012)
9. Melero, J, A., Iglesias, J., dan Morales, G., *Heterogeneous Acid Catalysts for Biodiesel Production: Current Status and Future Challenges*, Journal of Green Chem, Vol. 11, No. 9, pp. 1258-1308 (2009)
10. Widayat, *Pembuatan Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Perengkahan Berkatalis Zeolit dan Bahan Baku Minyak Goreng Berbahan Dasar Crude Palm Oil*, Prossiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia FTI Institusi Teknologi Surabaya, at Surabaya, Indonesia, pp. 1410-3667 (2005)
11. Leung, Y., Lu, Wu, X. and Leung, H.K., *A Review On Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification*, Journal Applied Energy, Vol. 87, pp. 1083-1095 (2012)
12. Yuanita, I., *Prediksi Financial Distress dalam Industri Textile dan Garment.*, Jurnal Akutansi & Manajemen, Vol. 5, No. 1, pp. 101-119 (2010)
13. Charlena, HP dan Rosdiana, T, *Pencirian dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi*, Jurnal Riset Kimia, Vol. 1, No. 2, pp. 107-115 (2008)
14. Mohammad I., Yoeswono, Karna W., dan Iqmal T., *Ekstraksi kalium dari abu tandan kosong sawit sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi minyak sawit*, Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis, Vol. 13, No. 3, pp. 14-20 (2008)