

TRANSESTERIFIKASI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT TERMODIFIKASI ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)

Wirasito^{1*}, Thamrin Usman¹, Harlia¹

¹Progam Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jln. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi 78124, Pontianak
*email: wirasito@yahoo.com

ABSTRAK

Minyak goreng bekas merupakan sumber bahan bakar nabati yang dapat diolah menjadi metil ester, melalui reaksi transesterifikasi dengan metanol dan dibantu katalisator basa heterogen. Katalis heterogen mempunyai peranan yang sangat penting dalam transesterifikasi dengan mempercepat terbentuknya metil ester. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan katalis heterogen yang dapat digunakan dalam transesterifikasi minyak goreng bekas dengan menggunakan katalis zeolit termodifikasi abu tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Pembuatan katalis dalam penelitian ini dilakukan dengan mengimpregnasi larutan abu TKKS kedalam zeolit alam melalui proses refluks pada suhu 60°C selama 2 jam dan dikalsinasi pada suhu 450°C selama 4 jam. Karakterisasi katalis dilakukan dengan menggunakan Difraksi Sinar-X (XRD) untuk menganalisis logam kalium yang terimpregnasi kedalam zeolit. Hasil penelitian menunjukkan waktu dan konsentrasi katalis optimum dalam transesterifikasi adalah 3 jam dan 4% menghasilkan persen konversi metil ester mencapai 92,78%. Metil ester kemudian dianalisis sifat fisiknya dan dikarakterisasi dengan menggunakan GC-MS. Hasil GC-MS menunjukkan produk metil ester yang paling dominan terbentuk terdiri dari metil linoleat 38,58% dan metil palmitat 30%.

Kata Kunci: katalis heterogen, transesterifikasi, zeolit alam, minyak goreng bekas

PENDAHULUAN

Minyak bumi adalah sumber energi utama yang banyak digunakan di seluruh negara. Setiap tahun kebutuhan akan minyak bumi semakin meningkat, sehingga ketersediaan minyak bumi menjadi berkurang, khususnya di Indonesia. Untuk itu diperlukan suatu langkah diversifikasi energi. Salah satu sumber energi baru adalah bahan bakar yang berasal dari minyak nabati. Menurut Qoniah dan Prasetyoko (2011), sumber minyak nabati yang tersedia dan paling prospektif dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel di Indonesia adalah minyak jelantah (minyak goreng bekas). Minyak jelantah mempunyai kandungan trigliserida yang dapat direaksikan dengan metanol dan katalis basa sehingga menghasilkan gliserol dan metil ester.

Menurut Asthasari (2008), reaksi transesterifikasi berlangsung dengan bantuan katalis homogen asam dan basa, namun Fumin *et al.* (2006) mengatakan bahwa katalis homogen lebih susah untuk dipisahkan dari produk hasil reaksi dan menghasilkan limbah yang beracun. Katalis homogen juga tidak dapat digunakan kembali secara berulang-ulang untuk reaksi transesterifikasi. Oleh karena itu katalis heterogen merupakan salah satu alternatif pengganti katalis homogen. Sumber dari katalis padat (katalis heterogen), pada saat ini telah digunakan secara komersial, seperti zeolit,

alumina atau resin penukar ion. Trisunaryanti *et al.* (2005) melaporkan bahwa zeolit alam di Indonesia mengandung silika-alumina amorf dan kristal mordenit yang setelah diaktivasi dan dimodifikasi mempunyai aktivitas yang baik, serta dapat digunakan sebagai katalis. Sehingga zeolit memungkinkan untuk dijadikan sebagai katalis heterogen. Impregnasi merupakan suatu teknik modifikasi zeolit melalui pengurangan aluminium dikerangka maupun pada permukaan zeolit (Lesley dan Elaine, 1992). Modifikasi zeolit sebagai bahan katalis heterogen telah banyak dikembangkan, yaitu dengan impregnasi logam Ni (Trisunaryanti, *et al.*, 2005), logam K, Ca, Fe, Na, Cr (Setyawan dan Handoko, 2002), K₂CO₃ yang diimpregnasi kedalam Al/Si (lukic, *et al.*, 2009) dan logam K yang berasal dari KOH (Kusuma *et al.*, 2011).

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi katalis zeolit dengan aktivasi basa. Basa yang akan digunakan adalah abu TKKS. Pemanfaatan abu TKKS dikarenakan belum ada penelitian yang memanfaatkan abu TKKS sebagai bahan untuk meningkatkan aktivitas dan luas permukaan zeolit. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Usman *et al.* (2007), menyebutkan bahwa komponen utama dari abu TKKS adalah logam

K, dengan demikian abu TKKS dapat dimanfaatkan sebagai sumber logam K untuk diimpregnasikan kezeolit sebagai katalis heterogen dalam reaksi transesterifikasi. Dalam hal ini, akan diamati aktivitas katalitik abu TKKS/zeolit dengan beberapa parameter seperti Waktureaksi dan konsentrasi katalis termodifikasi pada reaksi transesterifikasi terhadap produk metil ester yang dihasilkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi ayakan ukuran 100 mesh, buret 50 mL, *hot plate*, labu leher tiga 250 mL, magnetik *stirer*, neraca analitik, peralatan gelas yang umum dilaboratorium, pH meter, seperangkat alat refluks, seperangkat alat (XRD), dan termometer 100°C.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi akuades (H₂O), abu tandan kosong kelapa sawit dari (PTPN XIII) Meliau Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat, diklorometana (CH₂Cl₂) p.a., (C₂H₅OH) p.a., indikator *phenolphthalein*, MgSO₄·2H₂O, CH₃OH p.a., KOH, *n*-heksan (C₆H₁₄) p.a., plat silika GF₂₅₄, minyak goreng bekas dan zeolit alam yang berasal dari Bandung, Jawa Barat.

CARA KERJA

Preparasi Material

Preparasi sampel zeolit alam dilakukan dengan mencuci zeolit dengan H₂O sebanyak 3 kali. Zeolit dalam kondisi basah kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 100°C. Zeolit kemudian digerus hingga halus, lalu diayak dengan ayakan 100 mesh.

Zeolit yang lolos ayakan 100 mesh kemudian disebut zeolit hasil preparasi. Zeolit alam hasil preparasi dianalisis dengan menggunakan (XRD). Sampel tandan kosong kelapa sawit dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Hasil yang lolos dari ayakan tersebut kemudian diaktivasi pada temperatur 600°C selama 2 jam. Abu tandan kosong kelapa sawit hasil preparasi dianalisis derajat keasaman atau pH.

Sampel minyak goreng bekas diperoleh dari rumah tangga dan dilakukan penentuan bilangan asam dan kadar asam lemak bebas dengan menambahkan 15 mL etanol ke dalam erlenmeyer yang berisi ± 3g sampel minyak goreng bekas, kemudian dipanaskan selama 10 menit dalam penangas air sambil diaduk. Setelah didinginkan kemudian dititrasi dengan

larutan KOH menggunakan indikator *phenolphthalein* sampai titik ekuivalen.

Modifikasi Katalis

Modifikasi zeolit dengan abu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) mengacu pada metode yang dilakukan oleh Kusuma *et al.* (2011), modifikasi katalis dilakukan dengan proses perendaman 20 g abu tandan kosong kelapa sawit kedalam 60 mL H₂O, kemudian dilakukan pengadukan selama 6 jam dan campuran disaring untuk diambil filtrat. Filtrat yang dihasilkan diimpregnasi kedalam zeolit dengan perbandingan massa antara zeolit dan larutan abu TKKS adalah 1:4. Proses modifikasi katalis dilakukan dalam labu leher tiga dengan kondensorrefluks, termometer, dan magnetik *stirer*. Proses impregnasi zeolit dengan larutan abu TKKS dilakukan pada suhu 60°C selama 2 jam, kemudian campuran dipanaskan pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah proses impregnasi selesai, katalis termodifikasi dipisahkan dari larutan abu TKKS menggunakan filtrasi vakum. Katalis termodifikasi yang tertahan di kertas saring kemudian dikeringkan dengan suhu 110°C selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan air. Setelah 24 jam, katalis termodifikasi kemudian dikalsinasi pada suhu 450°C selama 4 jam. Katalis hasil kalsinasi dianalisis dengan XRD, selanjutnya katalis siap digunakan pada proses transesterifikasi minyak goreng bekas.

Transesterifikasi

Proses transesterifikasi minyak goreng bekas menurut (Adhityawarman, 2007), dilakukan dengan mencampurkan katalis zeolit termodifikasi dengan perbandingan mol minyak dan metanol 1:4 dan katalis zeolit divariasi yaitu sebesar 0% 1%, 2%, 3%, 4% dan 6% dari berat minyak dan variasi waktu reaksi untuk mengetahui persentase metil ester optimum, dipanaskan pada temperatur ± 65°C dan diaduk kemudian didinginkan. Setelah didinginkan campuran reaksi dimasukan ke dalam corong pisah hingga produk metil ester dan gliserol terpisah dengan baik. Setelah itu gliserol dipisahkan dari corong pisah dan produk metil ester dicuci dengan menggunakan larutan air panas beberapa kali untuk menghilangkan sisa gliserol, dikeringkan dengan magnesium sulfat anhidrat dan dipanaskan pada suhu 80°C. Metil ester hasil transesterifikasi kemudian ditentukan berat dan dihitung persen hasilnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Minyak Goreng Bekas dan Abu TKKS

Analisis sifat fisik dan kimia dari minyak goreng bekas meliputi penentuan kadar air, bilangan asam dan kadar asam lemak bebas (*Free fatty acid*). Hasil analisis dari minyak goreng bekas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi minyak goreng bekas

Karakteristik	Jumlah
Kadar Air	0,209%
Bilangan Asam	2,24
Kadar asam lemak bebas	1,176%

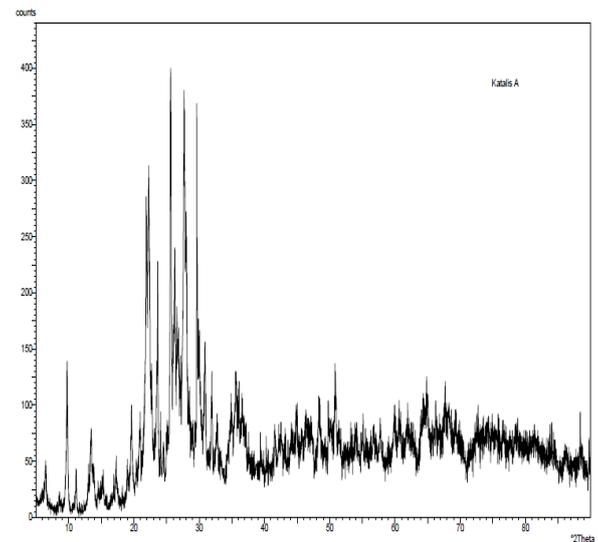
Abu TKKS yang akan digunakan dalam penelitian ini dianalisis terlebih dahulunya derajat keasaman atau pH. Dari hasil analisis diperoleh nilai pH mencapai 13, hal ini menunjukkan abu TKKS mempunyai tingkat kebasahan yang tinggi. Tingginya tingkat kebasahan dari abu TKKS disebabkan tingginya kadar logam K. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Usman *et al.* (2007), abu TKKS mempunyai kandungan logam K yang tinggi dalam bentuk senyawa K_2CO_3 yang bersifat basa. Menurut Usman *et al.* (2007), kandungan logam abu TKKS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan logam Abu TKKS

Parameter Uji	Hasil
Besi (Fe)	1,17 g/kg
Magnesium (Mg)	22,40 g/kg
Natrium (Na)	7,01 g/kg
Kalium (K)	463,50 g/kg

Karakterisasi Katalis

Zeolit hasil preparasi dianalisis dengan menggunakan XRD untuk mengetahui jenis dan kandungan mineral yang terdapat didalam zeolit alam.

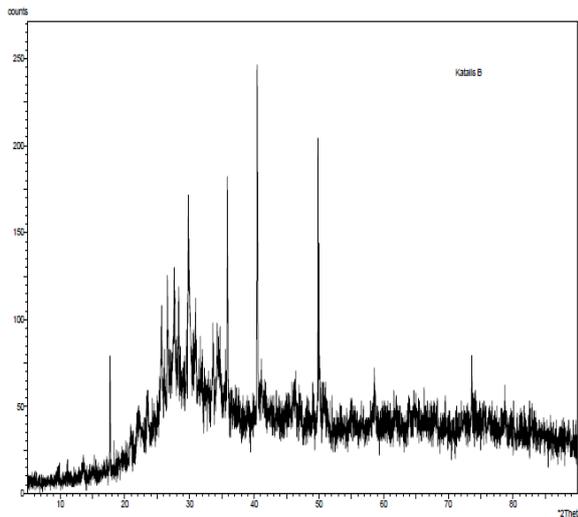


Gambar 1. Difraktogram zeolit alam

Gambar.1 adalah pola XRD zeolit alam yang menunjukkan puncak difraksi pada $2\theta = 13,45; 19,63; 29,65; 35,61, 44,90; \text{ dan } 59,93$. Hasil ini sesuai dengan hasil analisis XRD zeolit alam pacitan/KOH yang telah dilakukan oleh Kusuma *et al.* (2011). Data analisis XRD tersebut terhadap zeolit alam menunjukkan bahwa zeolit yang digunakan dalam penelitian ini tergolong dalam jenis mordenit. Zeolit mordenit merupakan zeolit yang mempunyai perbandingan $Si/Al = 5:1$ sehingga mempunyai sifat yang sangat stabil dan mempunyai ukuran rongga yang cukup besar bila dibandingkan dengan jenis zeolit lainnya. Rumus struktur mordenit dalam sel satuan menjadi $Na_8(Al_8Si_{40}O_{96})22H_2O$ (Breck, 1974).

Modifikasi zeolit dilakukan dengan cara melarutkan abu TKKS kedalam akuades sehingga menyebabkan logam K dalam abu yang berada dalam bentuk K_2CO_3 akan terlepas didalam larutan. Perbandingan antara zeolit dan filtrat abu tandan kosong kelapa sawit dalam penelitian digunakan 1:4. Komposisi dari katalis yang telah dihasilkan dapat dianalisis dengan menggunakan XRD. Pola XRD untuk zeolit termodifikasi menunjukkan senyawa K_2O pada sudut $2\theta = 17,72; 25,67; 29,82; 40,46; 50 \text{ dan } 63,96$. Hasil analisis ini sesuai dengan hasil XRD yang telah dilakukan oleh Nairoj *et al.* (2009), dengan mengimpregnasi logam K dalam bentuk K_2O dari K_2CO_3 . Dari hasil tersebut terbukti bahwa K_2CO_3 yang terdapat dipermukaan zeolit menjadi K_2O setelah dikalsinasi. Proses kalsinasi menyebabkan situs aktif dari zeolit semakin banyak dan zeolit lebih mudah melakukan proses pertukaran kation dengan logam yang telah diimpregnasi. Hasil analisis katalis

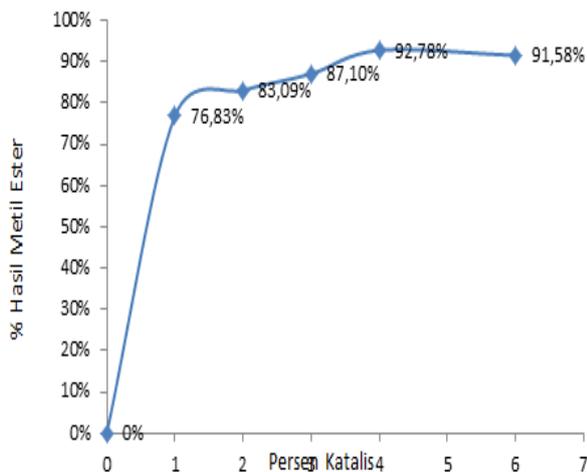
menggunakan XRD dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Difraktogram Katalis

Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas

Transesterifikasi minyak goreng bekas dilakukan dengan mereaksikan metanol dengan minyak goreng bekas pada suhu ± 65°C dan dengan bantuan katalis. Perbandingan mol minyak dengan metanol yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1:4. Katalis yang digunakan dengan variasi konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, dan 6% dari berat minyak, sehingga diperoleh persentase katalis yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi. Data hasil perhitungan konversi metil ester berdasarkan variasi konsentrasi katalis ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini:



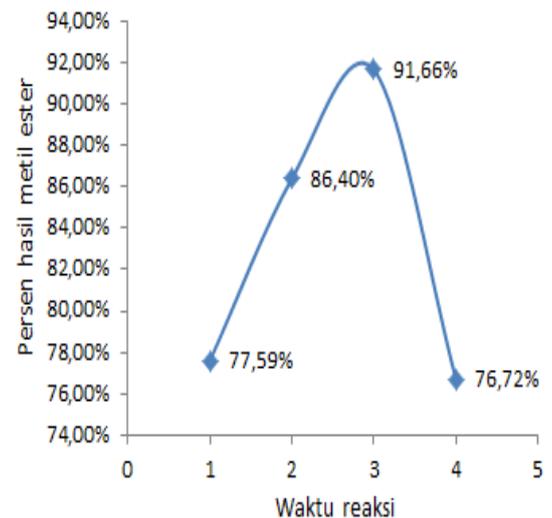
Gambar 3. Persen konversi metil ester dengan variasi persen katalis

Grafik tersebut menunjukkan persen katalis yang menghasilkan metil ester paling optimum adalah 4% dengan persen metil ester yang dihasilkan sebesar 92,78%. Hal ini terbukti

dengan menaikkan persen katalis menjadi 6% hanya menghasilkan 91,58% metil ester. Pada konsentrasi katalis yang lebih tinggi diperoleh produk yang lebih rendah karena sejumlah katalis berlebih memberikan kecenderungan pada pembentukan emulsi sehingga meningkatkan viskositas dan menimbulkan terbentuknya gel sebelum waktu reaksi yang diinginkan tercapai.

Hal ini menghambat pada pemisahan gliserol, sehingga harus dilakukan pemanasan campuran metil ester dan secara nyata konversi metil ester yang dihasilkan akan berkurang karna terjadinya kompetisi penggunaan metanol dalam reaksi transesterifikasi, baik sebagai reaktan maupun sebagai pelarut (Usman *et al.*, 2007).

Untuk mengetahui kondisi optimum dilakukan variasi waktu reaksi transesterifikasi 1-4 jam. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Konversi metil ester dengan variasi waktu

Gambar diatas menjelaskan dengan waktu reaksi selama 1 jam bisa menghasilkan metil ester sebesar 77,59%. Kemudian waktu reaksi dinaikan menjadi 2 jam dan 3 jam dengan produk yang dihasilkan mengalami peningkatan, dimana waktu 3 jam menghasilkan produk sebesar 91,66%. Namun setelah reaksi berlangsung selama 4 jam metil ester yang dihasilkan mengalami penurunan menjadi 76,72%. Menurut Kusuma *et al.*(2011) transesterifikasi yang berlangsung merupakan reaksi reversibel sehingga waktu reaksi yang lama dapat menyebabkan produk yang telah terbentuk berubah kembali menjadi reaktan.

Karakterisasi Katalis

Analisis metil ester yang dilakukan meliputi penentuan viskositas, kerapatan, indeks bias,

dan hasil dari analisis fisik metil ester dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Produk Metil Ester

Karakteristik	Metil Ester
Viskositas	6,621 cSt
Kerapatan	0,6112 gr mL ⁻³
Indeksbias T 28,3 ^o C	1,45
Uji Kelarutan:	
Air	Tidak Larut
Metanol	Larut Sebagian
Kloroform	Larut
Aseton	Larut
MTC	Larut
Etil Asetat	Larut
n-heksan	Larut
Etanol	Larut

Tingginya nilai viskositas suatu bahan bakar sangat mempengaruhi proses pembakaran dari bahan bakar tersebut. Meningkatnya nilai kerapatan dari metil ester akan mempengaruhi nilai indeks bias yang mengalami peningkatan.

Analisa menggunakan GC-MS bertujuan untuk mengetahui asam lemak penyusun minyak goreng bekas dan komposisi asam lemaknya dalam bentuk ester serta mengetahui kuantitas masing-masing komponen tersebut. Hasil analisis GC-MS menunjukkan penyusun metil ester yang dihasilkan paling dominan adalah metil linoleat.

Simpulan

Reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas dapat dilakukan dengan bantuan katalis basa heterogen (zeolit alam yang diimpregnasi dengan larutan abu TKKS). Kondisi optimum katalis dengan waktu reaksi 3 jam menghasilkan produk metil ester 91,66% dengan rasio molar minyak dan metanol 1:4. Serta berat katalis 4% menghasilkan produk optimum metil ester 92,78%.

Daftar Pustaka

Adhithiyawarman, 2007, Sintesis Metil Ester Minyak Biji Kemandah (*Croton tiglium L.*), Universitas Tanjungpura, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pontianak, (Skripsi).

Asthasari, U.R., 2008, Kajian Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Katalis Abu Tandan Kosong Sawit, Institut Pertanian Bogor, Fakultas Teknologi Pertanian, Bogor, (Skripsi).

Breck. D. W., 1974, Zeolite Moleculer Sieves, John Wiley Interscience, NewYork.

Fumin, Z., Jun, W., Chaoshu, Y., and Xiaoqian, R., 2006, Catalytic performances of heteropoly compounds supported on DUSY zeolite for liquid phase esterification, J. Braz. Chem. Soc., 2:140-147.

Kusuma, I, R., Hadinoto, P, J., Ayucitra, A., dan Ismadji, S., 2011, Pemanfaatan Zeolit Alam sebagai Katalis Murah dalam Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit, Di dalam: Ismadji (ed), Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2011, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Lesley, S., Elain, M., 1992, Solid State Chemistry, Chapman & Hall: London.

Lukic. I, Krstic. J, Jovanovic. D, Skala. D., 2009, Alumina/silica supported K₂CO₃ as a catalyst for biodiesel synthesis from sunflower oil, Bioresource Technology, (100):4690-4696

Noiroj, K., Intarapong, P., Luengnaruemitchai, A., and Jai-In, S., 2009, A comparative study of KOH/Al₂O₃ and KOH/NaY catalysts for biodiesel production via transesterification from palm oil, Renewable Energy, (34):1145-1150

Qoniah, I., dan Prasetyoko, D., 2011, Penggunaan Cangkang Bekicot Sebagai Katalis untuk Reaksi Transesterifikasi *Refined Palm Oil*, Institut Teknologi Sepuluh november, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Surabaya, (Prosiding Skripsi).

Setyawan, D., dan Handoko, p., 2002, Preparasi Katalis Cr/Zelolit Melalui Modifikasi Zelolit Alam, J. Ilmu Dasar, Vol. 3 (1):15-23

Sudarmadji, S. dkk., 1989, Analisa Bahan Makanan dan Pertanian, liberty, Yogyakarta.

Trisunaryanti, W., Triwahyuni, E., dan Sudiono, S., 2005, Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zelolit Alam dan Mo-Ni/Zelolit Alam, J. Sains Kimia, Vol. 10 (4):269-282

Usman T., Rahmalia W., dan Kurniawan A., 2007, Uji Efektivitas Abu Tandan KosongKelapa Sawit Sebagai Pengganti Soda Ash Dalam Pengolahan Air Minum, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, (Paten).