

BENEFISIASI LEMPUNG BOGOR UNTUK KATALIS PADAT DALAM SINTESIS BIODIESEL

MUCHTAR AZIZ, DESSY AMALIA, ISYATUN RODLIYAH, dan STEFANUS S. CAHYONO

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman No. 623, Bandung
Telp. 022 6030483; Fax. 022 6003373
e-mail: muchtar@tekmira.esdm.go.id

SARI

Dalam upaya mencari alternatif katalis padat untuk sintesis biodiesel, telah dilakukan benefisisasi lempung mengandung monmorilonit asal Nanggung, Bogor. Benefisisasi dilakukan melalui pengadukan kasar dan pemisahan monmorilonit dengan hidrosiklon. Monmorilonit keluar dari hidrosiklon sebagai aliran atas dan diaktifasi dengan asam sulfat melalui perendaman dengan konsentrasi 0,05; 0,5; 5 M selama dua minggu. Lempung aktif yang dihasilkan diuji angka asam dan kinerjanya dalam esterifikasi lemak nabati dengan pembandingan katalis asam sulfat. Hasil pengujian menunjukkan, angka asam lempung dapat ditingkatkan dari asalnya 2,06 mmol H⁺/gram berturut-turut menjadi 2,46; 2,87; dan 2,98 mmol H⁺/gram, setelah diaktifasi dengan asam sulfat 0,05; 0,5; dan 5 M. Juga kemampuannya mengkonversi lemak nabati menjadi ester dapat ditingkatkan dari 50,36% berturut-turut mencapai 64,89; 67,11; dan 70,96 %. Kemampuan konversi lempung aktif tersebut dapat mencapai 72 % dari kemampuan konversi katalis asam sulfat.

Kata kunci: lempung, aktivasi, angka asam, katalis, konversi

ABSTRACT

Effort to find an alternative solid catalyst for biodiesel synthesis was done by beneficiating clay-containing montmorillonite from clay deposits of Nanggung, Bogor. The beneficiation was carried out through clay scrubbing and separation of montmorillonite by hydrocyclone. Montmorillonite as overflows of hydrocyclone was activated through impregnation in sulphuric acid within two weeks using acid concentration of 0.05, 0.5, and 5 M. The products were tested to determine its acid number and its performance as catalyst for fatty acid esterification, where sulphuric acid catalyst was employed as comparison. The result showed that the acid number of natural clay increased from 2.06 mmol H⁺/grams to 2.46, 2.87, and 2.98 mmol H⁺/gram after being activated by sulphuric acid of 0.05, 0.5, and 0.5 M respectively. In addition, the power of natural clay converts fatty acid to ester from 50.36 pct to 64.89, 67.11, and 70.96 pct consecutively. The conversion power of activated clay can attain 72 pct compared to that of sulphuric acid catalyst.

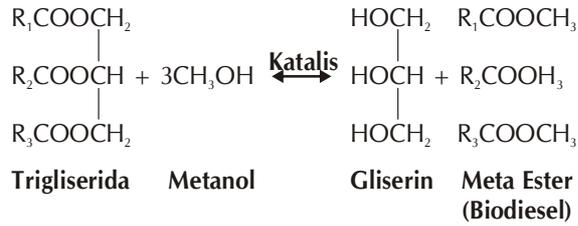
Keywords: clay, activation, acid number, catalyst, conversion

PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif berbasis bahan hayati untuk bahan bakar mesin diesel. Bahan hayati untuk biodiesel banyak terdapat dan bisa tumbuh dengan baik di Indonesia, seperti biji buah jarak, biji kapuk randu, biji kemiri, kacang tanah, dan buah sawit.

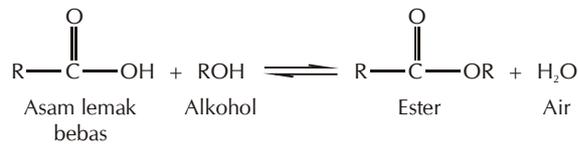
Secara kimiawi, biodiesel merupakan senyawa metil ester dengan rumus molekul R'-COOR. Biodiesel dibuat dengan mereaksikan senyawa trigliserida dengan metanol menghasilkan metil ester (biodiesel), reaksinya disebut tranesterifikasi. Untuk mempercepat reaksi diperlukan katalis, biasanya digunakan basa kuat yaitu KOH atau NaOH dengan

reaksi sebagai berikut (Mittelbach, dkk., 2004) :



R₁,R₂,R₃ rantai karbon asam lemak (*fatty acids*)

Selain reaksi di atas, biodiesel juga dapat diperoleh dengan mereaksikan asam lemak bebas dengan alkohol, umumnya metanol menggunakan katalis asam kuat, yaitu asam sulfat (H₂SO₄), asam fosfat (H₃PO₄) dan asam klorida (HCl). Reaksinya disebut esterifikasi dan dapat dituliskan sebagai berikut :



Selama ini, sintesis biodiesel biasanya menggunakan katalis cair (katalis homogen), namun pemakaian katalis cair tersebut (asam maupun basa) masih memiliki sejumlah kendala, yaitu pemisahan katalis dari produknya sulit karena sama-sama dalam fasa cair, korosif, sulit dalam penanganan dan penyimpanannya, katalis sisa tidak bisa dipakai lagi sehingga menghasilkan limbah yang dapat menimbulkan masalah lingkungan. Alternatif pengganti yang perlu dikembangkan adalah penggunaan katalis padat (katalis heterogen), karena katalis padat memiliki beberapa keunggulan, antara lain : pemisahan dari produk lebih mudah, penanganan dan penyimpanannya lebih mudah, dapat dipakai berulang kali (dapat diregenerasi), serta lebih ramah lingkungan (Mittelbach, dkk., 2004).

Mineral lempung montmorilonit memiliki keunggulan dengan beberapa sifat seperti luas permukaan spesifik yang besar dan kestabilan terhadap panas yang tinggi, yang membuatnya efektif sebagai bahan penyerap, penyangga katalis, bahan untuk pengecoran logam, dan bahan untuk memodifikasi viskositas (Lombardi, 2002). Dengan sifat-sifat tersebut montmorilonit merupakan mineral lempung yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai

katalis padat. Karakteristik tersebut berkaitan erat dengan struktur kristal montmorilonit. Montmorilonit diketahui berstruktur kristal berupa lembaran-lembaran (*sheets*) yang dibentuk oleh lapisan tetrahedral dan lapisan oktahedral dengan perbandingan 2:1. Lapisan tetrahedral merupakan lapisan silika, sedangkan lapisan oktahedral ditempati oleh oksida aluminium. Posisi Si ini terkadang ditempati pula oleh atom Al, sedangkan posisi oktahedral atom Al terkadang ditempati oleh Mg atau Fe. Ruang antara lembaran (*interlayer*) alumina tersebut biasanya diisi oleh air serta kation Ca²⁺ dan Na⁺ yang dapat dipertukarkan. Karena komposisi kimianya, setiap kristal montmorillonit memiliki muatan negatif, dan kenetralan listriknya dipertahankan oleh kation-kation yang dapat dipertukarkan seperti Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, dan H⁺ yang berada terutama di antara lapisan-lapisan (*interlayer*) lempung montmorillonit (Steetley, 2005).

Bergantung pada lingkungan pembentukan lempung di alam, mineral montmorillonit biasanya disertai berbagai mineral ikutan (*gangue minerals*), seperti kuarsa, mineral besi (hematit, magnetit, ilmenit, limonit, *native-Fe*), felspar, kalsit dan gipsum. Adanya mineral-mineral tersebut berdampak pada plastisitasnya. Umumnya montmorillonit terdistribusi pada ukuran butir yang sangat halus, lebih kecil dari 2 μm, oleh karena itu, tidak mudah untuk memisahkan montmorillonit dari mineral-mineral pengotornya, yang sebagian juga berukuran butir sangat halus.

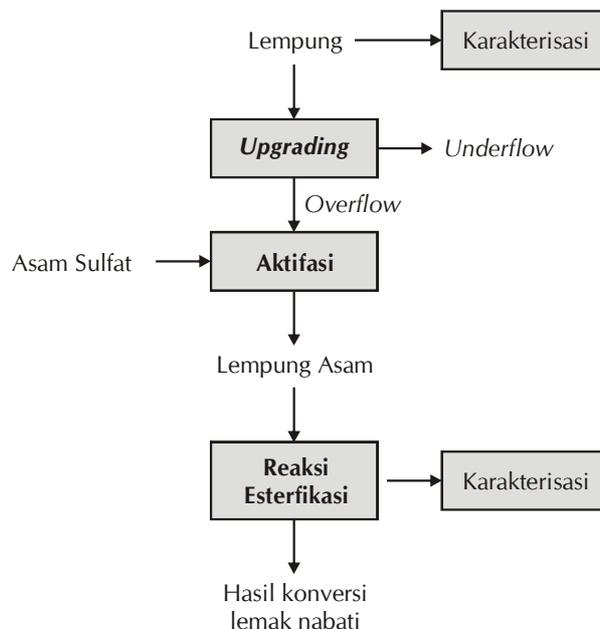
Penelitian kemungkinan penggunaan lempung sebagai katalis biodiesel telah banyak yang melakukannya di antaranya oleh Fabian, dkk. (2005) namun tingkat konversinya masih rendah. Jaismasith dan Phiyalaninmat (2007) menghasilkan biodiesel yang viskositas dan residu karbonnya masih lebih tinggi dari minyak solar. Peningkatan kandungan montmorillonit dalam lempung telah dilakukan oleh Aziz, dkk.(2007) dengan pemisahan mineral pengotor melalui pengadukan kasar (*scrubbing*) dan hidrosiklon berdiameter 1 inci dengan tekanan 3 atm.

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh katalis padat dari lempung Bogor melalui peningkatan kandungan montmorillonitnya, serta mengaktifkannya melalui perlakuan dengan asam sulfat. Sasaran penelitian adalah katalis padat yang memiliki angka konversi minimum 70 % dalam esterifikasi asam lemak nabati.

METODOLOGI

Benefisasi lempung dilakukan sebagai berikut :

1. Karakterisasi lempung asal, meliputi kandungan mineral dengan XRD, komposisi kimia dengan AAS, dan distribusi ukuran partikel dengan analisis ayak basah serta fraksi yang lolos ayakan 325 mesh dengan *Fritsch Particle Sizer "Analysette 22"*.
2. Peningkatan kandungan monmorilonit dengan hidrosiklon diameter 1 inci, tekanan 3 atm. Limpahan atas hidrosiklon diambil sebagai produk.
3. Pengaktifan dengan asam. Produk hidrosiklon diaktifkan dengan asam sulfat berbagai molaritas, yaitu 0,05; 0,5 dan 5 M. Metode pengaktifannya dilakukan dengan mencampur lempung dan larutan asam sulfat, lalu diaduk, didiamkan selama 24 jam, kemudian diaduk lagi beberapa kali agar terbentuk suspensi, lalu didiamkan kembali. Perlakuan ini diulangi selama 7 hari. Setelah itu, filtrat diambil untuk dianalisis unsur-unsur terlarut yaitu Na, K, Ca, Mg, dan Al dengan AAS. Pelarut diganti dengan larutan asam yang baru dengan molaritas yang sama. Perlakuan diulangi selama 7 hari lagi, kemudian disaring untuk memisahkan larutannya dengan lempung. Setelah diaktifasi, padatan lempung dicuci dengan air (aquades) beberapa kali sampai pH
4. Pengujian keasaman lempung. Keasaman lempung diuji melalui metode penetralan biasa dengan NaOH : sejumlah tertentu lempung dimasukkan ke dalam larutan NaOH dalam jumlah dan konsentrasi 0,1 M, dipanaskan pada suhu 50-60°C selama ½ jam, hasilnya disaring, dan filtratnya dititrisi dengan asam oksalat konsentrasi 0,1 M menggunakan indikator fenolftalein. Keasaman lempung dihitung sebagai selisih jumlah mol NaOH awal dan akhir per gram lempung.
5. Pengujian hasil aktifasi. Lempung yang telah diaktifasi diuji keaktifannya melalui reaksi esterifikasi, mengikuti prosedur uji FBI-A01-13 (Forum Biodiesel Indonesia-A01-13) sebagai berikut : sejumlah tertentu lemak nabati yang telah ditentukan angka asamnya (angka asam awal) direaksikan dalam suatu reaktor dengan sejumlah tertentu metanol (berlebih dari stokiometri) ditambah sejumlah tertentu katalis hasil aktifasi. Reaksi berlangsung pada suhu 65°C selama 6 jam, air dan metanol yang menguap dikondensasi. Produk esterifikasi disaring, dan filtratnya diuji angka asamnya (angka asam akhir). Keaktifan katalis dinilai dari angka konversi, yang dihitung melalui persamaan :



Gambar 1. Bagan alir benefisasi lempung menjadi katalis asam

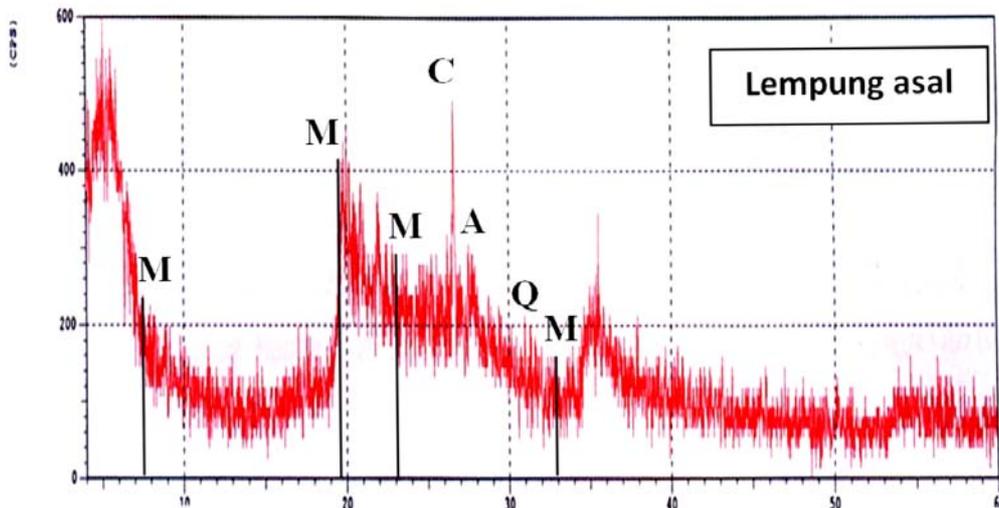
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lempung Asal

- Mineralogi
Kandungan mineral-mineral utama lempung asal ditunjukkan pada Gambar 2, terdiri dari : kristobalit (C), monmorilonit (M), anortit (A) dan kuarsa (Q).
- Komposisi kimia
Komposisi kimia lempung asal ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai rasio mol (nilai perbandingan mol) SiO₂/Al₂O₃ adalah 5,46 dan pH 7. Secara kimiawi lempung tersebut menunjukkan monmorilonit karena ada dalam kisaran rasio mol

SiO₂/Al₂O₃ = 4-6, dan dalam kisaran pH 7-8,5.

- Distribusi ukuran partikel
Hasil analisis ayak basah lempung asal ditunjukkan pada Tabel 2. Jumlah partikel paling dominan terletak pada fraksi lebih halus dari 325 mesh (-325 mesh). Distribusi partikel ukuran -325 mesh ditunjukkan pada Gambar 3. Partikel berukuran lempung yaitu lebih halus dari 2 μm hanya sekitar 2 %, d₅₀ pada 50 μm.
- Luas permukaan
Luas permukaan spesifik lempung asal diukur dengan metode BET (*Brunauer Emmet Teller*) yang menunjukkan nilai sebesar 84 m²/g.



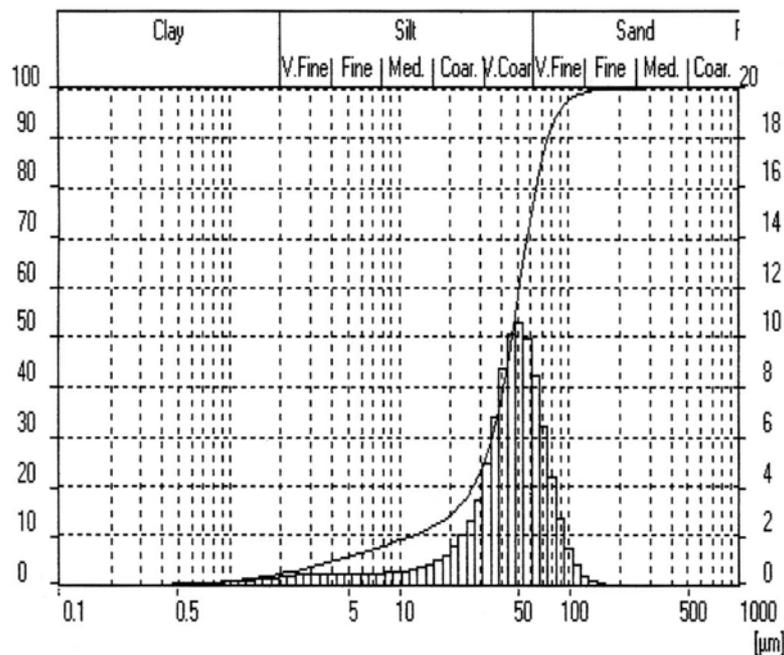
Gambar 2. Difraktogram lempung asal

Tabel 1. Komposisi kimia lempung asal

Kode	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	mol SiO ₂ /Al ₂ O ₃	pH
T 2	16,21	55,04	4,00	0,37	1,39	1,11	5,46	7

Tabel 2. Hasil analisis ayak basah

Ukuran (mesh)	+ 48	-48 + 60	-60 + 100	-100 + 140	-140 + 200	-200 + 325	-325	Total
% Berat	19,27	0,75	2,40	1,93	1,06	6,88	67,71	100



Gambar 3. Distribusi partikel ukuran -325 mesh

Hasil Pemisahan Pengotor

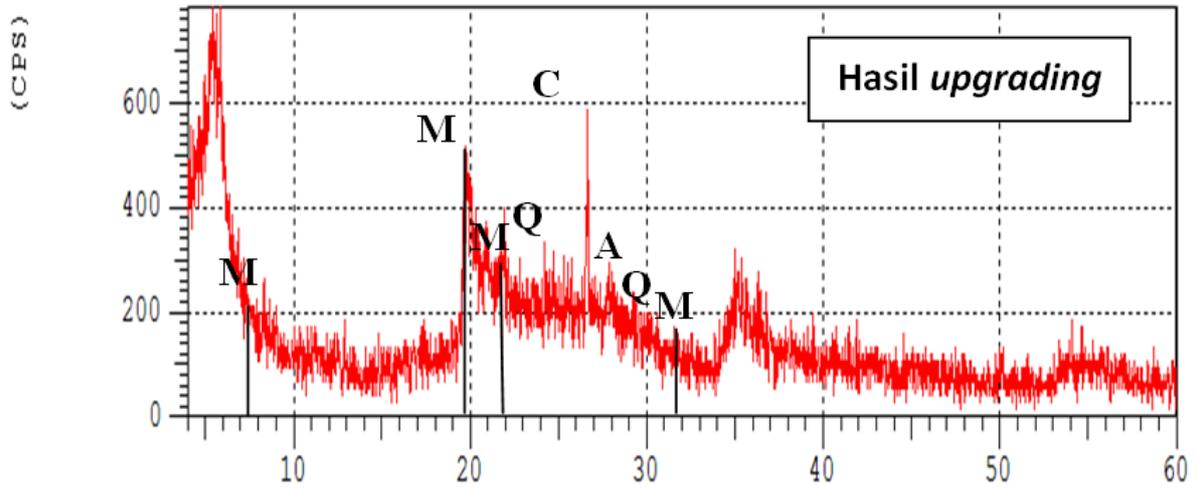
Pemisahan pengotor lempung (*upgrading*) diawali dengan perendaman lempung selama satu malam dilanjutkan dengan pengadukan kasar (*scrubbing*) dalam bejana berbentuk kerucut pada putaran pengaduk 1400 rpm selama 1 jam. Lumpur lempung ditambahkan sejumlah air sehingga terbentuk *pulp* 2,5 % padatan. *Pulp* dimasukkan ke dalam bejana berbentuk kerucut terhubung dengan pompa ke hidrosiklon diameter 1 inci (ukuran yang biasa digunakan untuk pemisahan lempung kaolin fraksi < 2 μm di industri). *Pulp* dipompakan ke hidrosiklon dengan tekanan 3 atm. Produk hidrosiklon limpahan atas (*overflow*) dan limpahan bawah (*underflow*) ditampung untuk dikarakterisasi.

- Mineralogi
Difraktogram hasil *upgrading* ditunjukkan pada Gambar 4. Urutan mineral-mineral utamanya : kristobalit (C), monmorilonit (M), kuarsa (Q) dan anortit (A). Lempung hasil pemisahan monmorilonitnya masih belum dominan, hal ini disebabkan ukuran partikel kristobalit dan kuarsa sangat halus, berukuran sama dengan monmorilonit (< 2 μm), sehingga sulit terpisah dari monmorilonit. Namun pemisahan pengotor telah meningkatkan kandungan monmorilonit sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Jika dibandingkan dengan lempung asalnya (

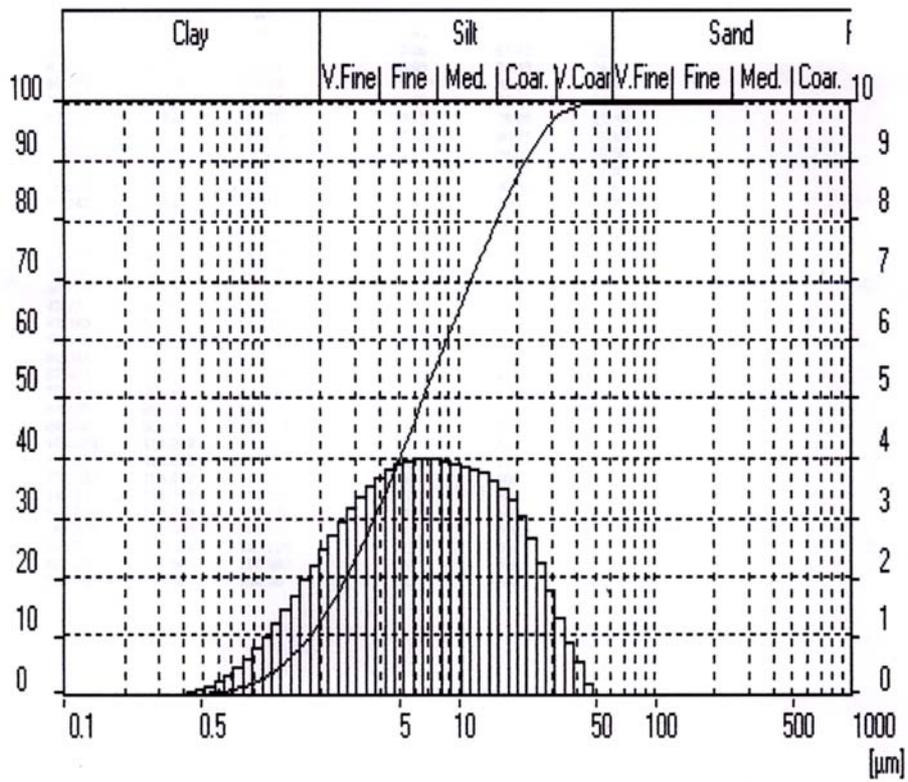
Gambar 2), nampak tinggi titik puncak (*peak height*) pada sudut 2θ mendekati 20 derajat yang asalnya pada intensitas 400 (Gambar 2) menjadi 500 (Gambar 4).

- Distribusi ukuran partikel lempung
Distribusi ukuran partikel lempung hasil hidrosiklon ditunjukkan pada Gambar 5.

Partikel berukuran < 2 μm meningkat dari semula 2 % menjadi 25 % atau meningkat 12,5 kali, d_{50} pada 7 μm. Dengan kondisi bahan baku yang dikerjakan, hasil pemisahan pengotor ini sudah cukup baik. Sebagai pembandingan, pemisahan kaolin di industri, dengan ukuran hidrosiklon yang sama, pada kondisi operasi tekanan masuk *pulp* 3 atm, 3,2 % padatan, menghasilkan peningkatan fraksi < 2 μm 1,2 kalinya, yaitu dari sekitar 56 % menjadi 68 % (Anonim, 1991). Adanya perbedaan hasil pemisahan monmorilonit dan pemisahan kaolin karena pemisahan kaolin berawal dari umpan yang kandungan < 2 μm nya sudah tinggi yaitu 56 %, sedangkan pada pemisahan monmorilonit, kandungan < 2 μm nya hanya 2 %. Di samping itu, pada monmorilonit mineral pengotor seperti kristobalit dan kuarsa berukuran partikel lempung, nampak dari hasil XRD masih muncul bersama dengan monmorilonit.



Gambar 4. Difraktogram lempung hasil pemisahan dengan hidrosiklon (*hasil upgrading*)



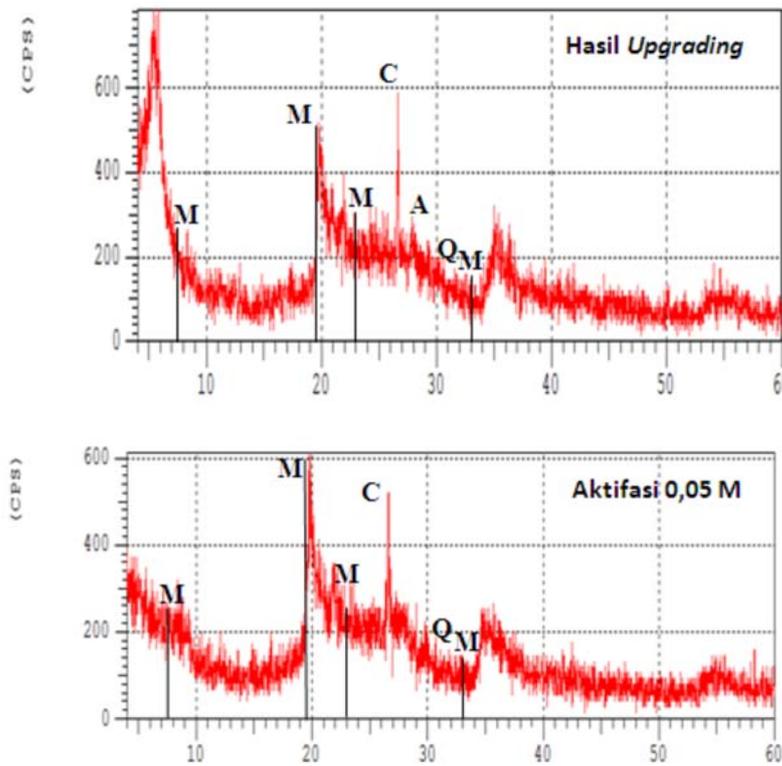
Gambar 5. Distribusi partikel ukuran lempung hasil hidrosiklon

Hasil Aktifasi

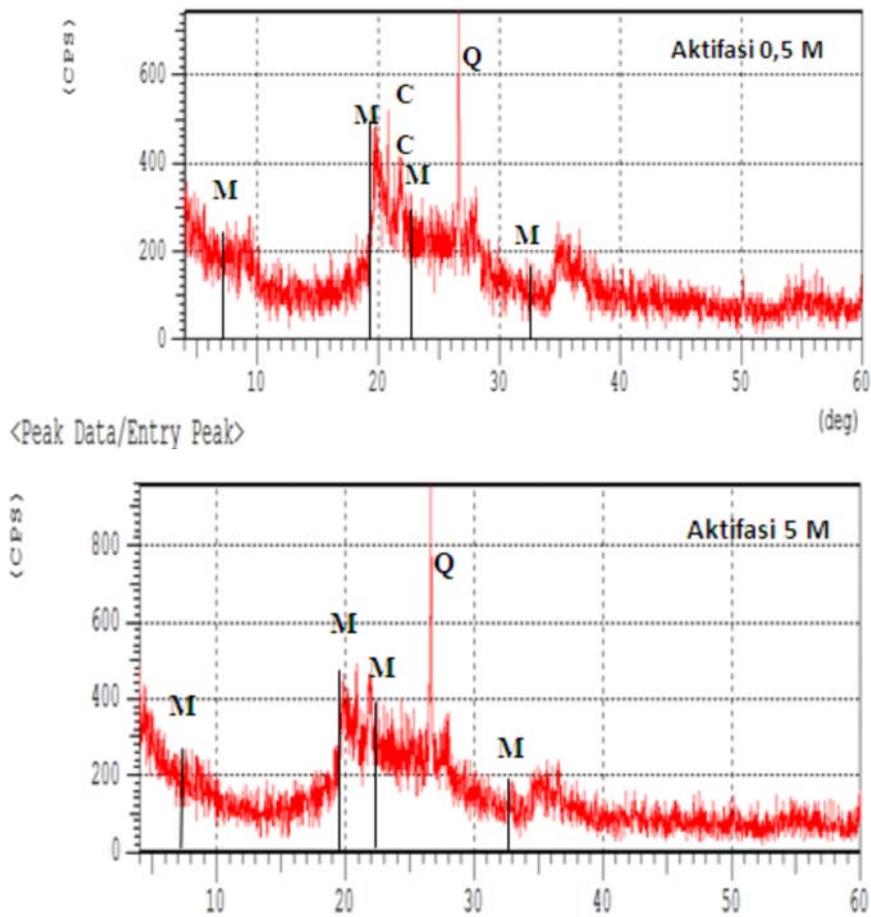
- Mineralogi

Difraktogram lempung hasil aktifasi ditunjukkan pada Gambar 6. Terlihat bahwa puncak-puncak monmorilonit pada sudut 2θ adalah 7,5 derajat; mendekati 20 derajat; 23 derajat; dan 33 derajat masih ada dalam semua lempung hasil aktifasi, berarti aktifasi dengan asam sulfat pada kisaran molaritas 0,05-5 M dengan metode perendaman selama 2 minggu tidak mengakibatkan seluruh struktur mineral monmorilonit rusak. Kerusakan monmorilonit nampak dari menurunnya puncak-puncak tersebut, terutama pada pemakaian jumlah asam yang lebih banyak. Kerusakan struktur monmorilonit harus terukur (terjaga dari kerusakan total) melalui penerapan konsentrasi asam yang tepat yakni yang menghasilkan tingkat keasaman lempung yang maksimum, yang diperoleh melalui serangkaian percobaan dengan variasi konsentrasi asam. Secara teori aktifasi dengan asam sulfat mengakibatkan kation-kation dalam ruang antar lapisan seperti Na dan Ca larut dan bertukar dengan kation H^+ dari asam sehingga terbentuk

pusat-pusat asam. Di samping itu, asam menyerang dan melarutkan Al dan Si dalam kisi-kisi kristal oktahedral (Al) dan tetrahedral (Si) dalam lempung; Al akan membentuk pilar-pilar yang akan menghubungkan antar lapisan lempung. Hal ini membuat ruang antar lapisan lempung semakin besar yang berimplikasi semakin besarnya luas permukaan. Namun dengan metode perendaman asam selama dua minggu tanpa pemanasan dan tanpa pengadukan kontinu maka hasil XRD menunjukkan struktur monmorilonit terjaga dari kerusakan total. Hasil SEM pada Gambar 8 menunjukkan banyaknya terbentuk liang-liang renik (pori-pori) pada lempung hasil aktifasi. Hal ini merupakan kelebihan aktifasi asam dengan metode perendaman dengan asam dalam jangka waktu relatif lama tanpa pengadukan untuk menjaga struktur monmorilonit dari kerusakan total. Lamanya waktu perendaman didasarkan pada percobaan pengaruh perlakuan asam dan basa pada sejumlah mineral tertentu yang pernah dilakukan oleh Grzegorz dkk.(2002), pengamatan di antaranya dilakukan terhadap kelarutan logam-logam dari mineral.



Gambar 6. Difraktogram lempung hasil pemisahan dengan hidrosiklon (*upgrading*) dan hasil aktifasi dengan asam sulfat 0,05 M



Gambar 7. Difraktogram lempung hasil aktifasi dengan asam sulfat 0,5 dan 5 M

- Hasil SEM
Hasil SEM lempung hasil aktifasi ditunjukkan pada Gambar 8. Akibat terserang asam, maka nampak permukaan lempung dipenuhi dengan liang-liang renik (pori-pori), terbentuknya liang-liang renik tersebut membuat luas permukaan spesifik (luas permukaan karena adanya liang-liang renik) lempung bertambah besar. Besarnya luas permukaan spesifik lempung merupakan salah satu prasyarat untuk digunakan sebagai katalis atau media katalis, karena permukaan kontak untuk terjadinya reaksi bertambah besar sehingga reaksi berjalan cepat. Untuk aktifasi asam ini, permukaan yang luas dari lempung diharapkan dipenuhi oleh kation-kation H^+ yang merupakan pusat-pusat asam yang banyak.
- Luas permukaan
Luas permukaan spesifik lempung hasil aktifasi diukur dengan metoda BET, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3. Luas permukaan

spesifik tertinggi menunjukkan nilai sebesar $163 \text{ m}^2/\text{g}$, yang diaktifasi dengan asam sulfat 5 M.

Luas permukaan yang terbentuk ini masih kategori sedang, namun jika dibandingkan dengan nilai asalnya ($84 \text{ m}^2/\text{g}$), luas permukaan lempung telah meningkat menjadi hampir dua kali lipat. Besarnya luas permukaan menunjukkan nilai yang seiring dengan terbentuknya liang-liang renik yang banyak seperti ditunjukkan pada hasil SEM, meskipun pada konsentrasi asam 5 M monmorilonit sedikit menurun yaitu dari angka 500 menjadi 450 (10 %). Namun demikian nampaknya kecepatan pembentukan liang-liang renik masih lebih besar dari tingkat kehilangan struktur dasar monmorilonit.

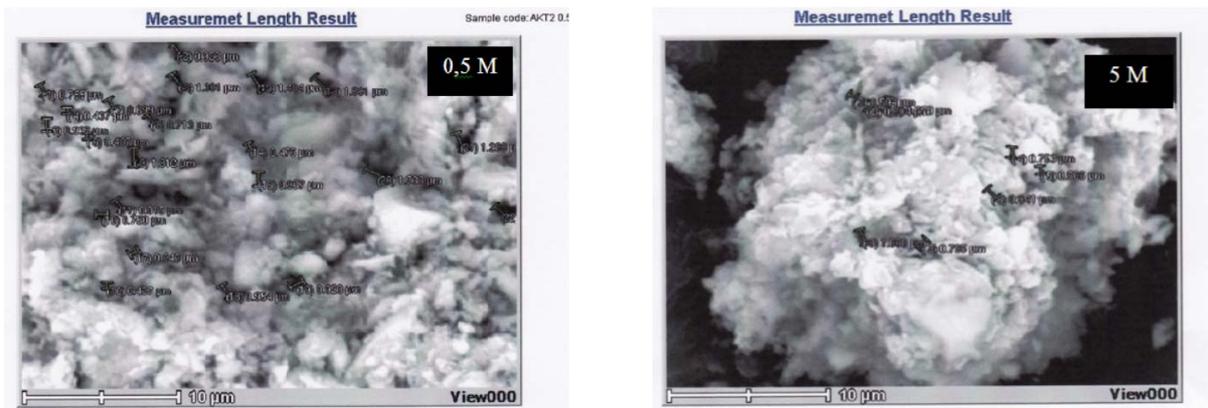
Sebagai perbandingan, pengaktifan lempung alam dengan asam sulfat pada suhu 70°C yang telah dilakukan oleh Fabian dkk. (2005)

menghasilkan lempung aktif dengan luas permukaan tertinggi 143,97 m²/g. Sebagai pembandingan yang lain, luas permukaan katalis sintesis berbasis bahan murni silika-alumina memiliki rentang luas permukaan 177-550 m²/g bergantung pada perbandingan Al/Si serta kondisi proses pembentukannya (Subagio, dkk. 2004).

- Keasaman lempung
Keasaman lempung dan perbandingan mol SiO₂/Al₂O₃ lempung asal dan hasil aktifasi ditunjukkan pada Tabel 4. Perbandingan mol SiO₂/Al₂O₃ serta pH menjadi salah satu kriteria dalam mengidentifikasi mineral monmorilonit, yaitu untuk bentonit, nilai perbandingannya 4-6 serta pH 7-8,5; dan untuk lempung asam (*acid clay*), nilai perbandingannya 6-10 serta pH 5-6. Nampak keasaman lempung semakin meningkat dengan bertambahnya molaritas asam. Perbandingan mol SiO₂/Al₂O₃ menunjukkan bahwa aktifasi yang dilakukan telah mengubah lempung menjadi lempung asam.

- Uji katalis dalam reaksi esterifikasi
Lempung hasil aktifasi diuji sebagai katalis dalam reaksi esterifikasi asam lemak bebas, yang terjadi umumnya dengan bantuan katalis cair yaitu asam sulfat. Hasil konversi dalam esterifikasi ditunjukkan pada Tabel 5. Angka konversi tertinggi diperoleh dari lempung yang diaktifasi dengan asam 5 M, yaitu sebesar 70,96 %.

Konversi yang diperoleh menggunakan lempung asam sebagai katalis padat belum mencapai 98 %, sebagaimana konversi dengan asam sulfat. Namun katalis padat ini telah menunjukkan harapan untuk dikembangkan penelitiannya lebih lanjut, terutama dengan menggunakan lempung yang kandungan monmorilonitnya lebih tinggi, disertai optimasi aktifasi asam. Angka konversi yang dihasilkan melalui metoda *upgrading* dengan hidrosiklon disertai perendaman dengan asam ini, lebih tinggi dari angka konversi hasil penelitian terdahulu yaitu 53,5 % (Agustin, 2007), dan 55 % (Fabian, dkk. 2005).



Gambar 8. Hasil SEM lempung hasil aktifasi dengan asam sulfat 0,05, 0,5 dan 5 M

Tabel 3. Hasil pengukuran luas permukaan lempung dengan metoda BET

Parameter	Lempung asal	Lempung aktif, 0,05 M	Lempung aktif, 0,5 M	Lempung aktif, 5 M
Luas permukaan, m ² /g	84	91	100	163

Tabel 4. Perbandingan mol SiO₂/Al₂O₃ serta angka asam lempung asal dan hasil aktifasi

Parameter	Lempung asal	Lempung aktif, 0,05 M	Lempung aktif, 0,5 M	Lempung aktif, 5 M
Keasaman (mol NaOH/g lempung)	2,06	2,46	2,87	2,98
mol SiO ₂ /Al ₂ O ₃	5,46	6,48	7,39	9,37

Tabel 5. Angka konversi yang diperoleh dalam reaksi esterifikasi

Kodekatalis	H ₂ SO ₄ , 5 M	Lempung asal	Lempung aktif, 0,05 M	Lempung aktif, 0,5 M	Lempung aktif, 5 M
Konversi (%)	98	50,36	64,89	67,11	70,96

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Benefisiensi lempung yang dilakukan melalui peningkatan kandungan monmorilonit dengan hidrosiklon dan aktifasi dengan asam sulfat dapat menghasilkan lempung asam (*acid clay*).
- Pengaktifan lempung dengan metode *upgrading* dan dilanjutkan dengan perendaman dalam asam sulfat selama 2 minggu pada suhu dan tekanan ruang dapat meningkatkan luas permukaan spesifik dari asalnya 84 m²/g menjadi 163 m²/g.
- Pada kisaran molaritas asam sulfat 0,05 – 5 M, semakin besar konsentrasi asam yang digunakan untuk aktifasi lempung, maka angka asam lempung semakin besar.
- Hasil pengujian lempung aktif sebagai katalis padat dalam esterifikasi menghasilkan konversi sekitar 71 % yang sudah sesuai dengan sasaran.

Saran

Penelitian masih perlu dilanjutkan dengan bahan baku mengandung monmorilonit lebih tinggi dan optimasi aktifasi asam. Peningkatan kandungan monmorilonit lebih lanjut dalam lempung diharapkan dapat lebih meningkatkan angka asam dan konversi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, 2007. Pengembangan monmorilonit sebagai katalis sintesis biodiesel melalui esterifikasi *Palm Fatty Acid Distillate*, Departemen Teknik Kimia, FTI-ITB.
- Anonim, 1991. Kaolin Hydrocyclone, *Bulletin 20-172, Krebs Engineer*, 1205 Chrysler Drive Menlo Park, CA 94025
- Aziz, M., Saleh, N., dan Amalia, D., 2007. Perlakuan asam dan basa untuk menurunkan kandungan besi pengotor dalam bentonit bahan penyangga katalis, *Jurnal Bahan Galian Industri*, Vol.11, No.30, April 2007.
- Fabian, Haris, dan Griyandi, 2005. Kajian eksploratif bahan katalis keramik sintesis biodiesel. *Seminar Bahan Baku Keramik 2005*, Balai Besar Keramik, Bandung.
- Grzegorz, Jozepaciuk, Bowanko, 2002. Effect of acid and alkali on surface areas and adsorption energies of selected minerals, Institute of Agrophysics of Polish Academy of Sciences, Doswiadczalna 4 str.,20-290 Lublin, Poland; *Clays and Clay Minerals*, vol.50, no.6, p.771-783.
- Manut, J., and Satit, P., 2007. Biodiesel Synthesis from Transestrification by Clay-based Catalyst. *Chiang Mai J.Sci* ; 34(2) : 201-207.
- Lombardi, B., Baschini, M., Torres Sanchez, R.M., 2002. Characterization of Montmorillonites from Bentonites Deposits of North Patagonia, Argentina : Physicochemical and Structural Parameter Correlation, *The Journal of The Argentine Chemical Society-Vol.90-No.4/6*, p.87-99.
- Mittelbach, M., and Remschmidt, C. 2004. *Biodiesel : The Comprehensive Handbook*, Boersedurck Ges.m.b.H. Vienna.