

## SINTESIS DAN KARAKTERISASI SIFAT FISIK DAN KIMIA KATALIS BENTONIT-ZnO

I. A. G. Widihati\*, M. Manurung, N. G. A. D. A. Suastuti dan N. P. A. J. S. Putri

*Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana  
Jalan Kampus Unud-Jimbaran, Jimbaran, Bali, Indonesia*

*\*Email: [gedewidihati@unud.ac.id](mailto:gedewidihati@unud.ac.id)*

---

### ABSTRAK

Pemanfaatan lempung bentonit sebagai katalis telah dilaporkan oleh banyak peneliti. Aktivitas katalitik lempung umumnya tidak begitu tinggi. Oleh sebab itu, lempung harus dimodifikasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Sintesis dan karakterisasi lempung termodifikasi ZnO (Bentonit-ZnO) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan kimia dari modifikasi lempung oleh ZnO. Bentonit dipreparasi terlebih dahulu kemudian diinterkalasi dengan ZnO yang diharapkan dapat membentuk pilar. Bentonit-ZnO yang telah tersintesis dikarakterisasi sesuai dengan manfaat Bentonit-ZnO sebagai katalis menggunakan Difraksi Sinar X, SEM-EDS, FTIR, luas permukaan dengan metode adsorpsi *Methylene Blue* dan situs asam permukaan dengan metode titrasi asam-basa. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa interkalasi ZnO ke dalam bentonit tidak meningkatkan jarak antar lapis, permukaan katalis menjadi lebih homogen serta adanya peningkatan jumlah unsur Zn, munculnya pita-pita serapan pada daerah 3600; 1600 – 1650; 2900-2850 dan 450 cm<sup>-1</sup> yang mengidentifikasi karakteristik gugus fungsi dari Bentonit-ZnO, serta luas permukaan dan situs asam berturut-turut sebesar 46,357 m<sup>2</sup>/g dan 5,887 x 10<sup>22</sup> situs/g.

**Kata kunci:** bentonit, katalis, karakterisasi, terpillar, ZnO.

### ABSTRACT

The use of bentonite clay as a catalyst has been reported by many studies. The catalytic activity of clays is generally not very high. Therefore, the clay must be modified before use. Synthesis and characterization of ZnO (Bentonite-ZnO) modified clay was carried out. This study aimed to determine the physical and chemical properties of modified Bentonite with ZnO. Bentonite was dipped first and then intercalated with ZnO which was expected to form pillars. The synthesized Bentonite-ZnO was characterized according to the benefits of Bentonite-ZnO as a catalyst using X-Ray Diffraction, SEM-EDS, FTIR, surface area using Methylene Blue adsorption method, and surface acid sites using an acid-base titration method. The characterization results showed that the intercalation of ZnO into bentonite did not increase the distance between layers, the catalyst became more homogeneous and there was an increase in the number of Zn elements, the appearance of absorption bands in the 3600; 1600 – 1650; 2900-2850 and 450 cm<sup>-1</sup> regions which identified the functional group characteristics of Bentonite-ZnO and surface area and acid sites of 46.357 m<sup>2</sup>/g and 5.887 x 10<sup>22</sup> sites/g, respectively.

**Keywords:** bentonite, catalyst, characterization, pillared, ZnO.

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya mineral dan memiliki peluang untuk dikembangkan. Salah satu mineral yang terdapat di Indonesia adalah lempung yang biasanya berwarna kecoklatan akibat alterasi hidrotermal. Lempung digunakan secara langsung maupun tidak langsung dalam kehidupan sehari-hari, tidak hanya sebagai bahan dasar pembuatan batu bata, gerabah dan genteng, tetapi juga sebagai bahan pengisi, penukar kation, adsorben dan katalis (Istiana *et al.*, 2003).

Lempung dapat diklasifikasikan menjadi empat bagian berdasarkan komposisi kimia dan struktur kristalnya yaitu illit, smektit, vermikulit, dan kaolinit. Salah satu yang ditemukan paling berdaya guna sebagai katalis pada sintesis organik adalah subkelompok dari tanah liat smektit, yang disebut montmorillonit, yang merupakan penyusun utama dari bentonite (Nagendrappa, 2002).

Secara umum, aktivitas katalitik lempung tidak terlalu tinggi. Oleh karena itu, lempung harus dimodifikasi sebelum digunakan. Salah satu metode modifikasi lempung adalah pilarisasi,

yaitu menyisipkan suatu interkalat ke dalam lapisan lempung silikat (Wijaya *et al.*, 202). Oleh karena itu, kation-kation yang terdapat pada lempung bentonit dapat dipertukarkan dengan kation lain yang bersifat lebih aktif. Karena sifat-sifat ini, bentonit umumnya digunakan sebagai katalis untuk berbagai jenis reaksi kimia (Ayudianingsih, *et al.*, 2006). Setelah mengalami peristiwa pertukaran kation, bentonit kemudian dikalsinasi sehingga membentuk pilar yang menopang lapisan filosilikat antara satu dengan yang lainnya. Lempung terpillar akan memiliki karakteristik bergantung pada jenis oksida logam yang digunakan sebagai pilar (Rinaldi dan Dwiatmoko, 2011).

ZnO merupakan salah satu semikonduktor anorganik yang tidak bersifat toksik yang dapat memberikan mobilitas tinggi dan stabilitas termal yang baik (Han *et al.*, 2012). Material semikonduktor ZnO memiliki banyak karakter yang menguntungkan. Selain ramah lingkungan dan memiliki kestabilan kimiawi yang cukup tinggi, luas permukaan ZnO yang besar membuatnya dapat mengadsorpsi lebih banyak molekul target sehingga meningkatkan efisiensi reaksi katalitik (Sutanto dan Wibowo, 2015). ZnO sebagai katalis memiliki regenerasi yang tinggi. Pada penggunaan kedua dan ketiga, katalis tersebut tetap menunjukkan aktivitas katalitik yang hampir serupa pada saat digunakan pertama kali. Pada setiap penggunaan, lebih dari 90% ZnO dapat diperoleh kembali dengan pencucian. Selain itu, reaksi yang terjadi dengan ZnO sebagai katalis hanya membutuhkan waktu sekitar 10 menit dengan hasil terisolasi sebesar 95% (Sharvani dan Sharghi, 2004).

Dengan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini, dilakukan sintesis dan karakteristik katalis lempung terpillar ZnO (Bentonit-ZnO). Tahap karakterisasi yang akan dilakukan meliputi sifat fisik dan kimia dari Bentonit-ZnO, yaitu kristalinitas, morfologi permukaan dan komposisi unsur, luas permukaan, dan situs asam permukaan yang dihasilkan.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Lempung bentonit, seng klorida p.a. ( $ZnCl_2$ ), natrium hidroksida p.a. (NaOH), natrium klorida p.a. (NaCl), perak nitrat p.a. ( $AgNO_3$ ), asam klorida p.a. (HCl), asam oksalat anhidrat p.a. ( $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ), indikator fenolftalein p.a., aquades, air demineralisasi, zat warna *Methylene Blue* p.a.

### Alat

Alat gelas, cawan porselen, *ball filler*, lumpang & penggerus porselen, ayakan, *magnetic stirrer*, neraca analitik, tanur, oven, buret, *UV-Visible Spectrophotometer* Shimadzu UV 1800, *X-Ray Diffraction (XRD)* Miniflex Benchtop X-ray Diffractometer, *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* Merck Phenom ProX (SEM-EDS), *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR) Shimadzu/IR prestige-21.

### Cara Kerja

#### Preparasi Na-bentonit

Lempung bentonit didispersikan ke dalam larutan NaCl 1 M kemudian diaduk selama 12 jam. Suspensi disaring dan dicuci dengan air demineralisasi hingga terbebas dari ion  $Cl^-$  (uji negatif terhadap larutan  $AgNO_3$ ). Lempung yang dihasilkan dikeringkan pada temperatur  $110^\circ C$ , selanjutnya lempung digerus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

#### Preparasi larutan pemilar lempung bentonit

NaOH ditambahkan perlahan ke dalam larutan  $ZnCl_2$  sambil diaduk cepat. Penambahan basa dilakukan hingga pH larutan mencapai 9-9,5. Setelah homogen, pengadukan dihentikan dan larutan *diaging* selama minimal 24 jam.

#### Pilarisasi lempung bentonit

Na-bentonit didispersikan ke dalam air demineralisasi kemudian ditambahkan 250 mL larutan pemilar dan diaduk kuat selama 2 jam, dilanjutkan dengan pengadukan biasa selama 24 jam pada temperatur kamar. Suspensi disaring kemudian padatan lempung dicuci dengan air demineralisasi hingga terbebas dari ion  $Cl^-$  (uji negatif terhadap  $AgNO_3$ ). Lempung dikeringkan pada temperatur  $110^\circ C$  selama 12 jam. Lempung digerus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh dan dilanjutkan dengan kalsinasi pada temperatur  $500^\circ C$  selama 4 jam. Lempung terpillar kemudian dikarakterisasi dengan XRD, SEM-EDS, dan FTIR.

#### Analisis luas permukaan dengan metode adsorpsi *Methylene Blue*

Dibuat larutan standar *Methylene Blue* (MB) dengan konsentrasi sebesar 1; 2; 3; 4; 5 ppm. Sebanyak 0,1 g Bentonit-ZnO dan Na-bentonit masing-masing dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang berbeda dan ditambahkan larutan MB sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 50 ppm. Campuran diaduk menggunakan

*magnetic stirrer* dengan variasi waktu kontak 5, 10, 15, 20, 40, dan 60 menit. Campuran disaring lalu diukur absorbansinya. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear zat warna MB untuk mendapatkan konsentrasi zat warna yang tersisa dalam filtrat.

**Analisis situs asam permukaan dengan metode titrasi asam-basa**

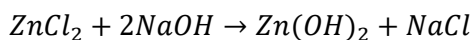
Sebanyak 0,5 g Bentonit-ZnO dan Na-bentonit masing-masing dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang berbeda dan ditambahkan 10,0 mL larutan NaOH. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit kemudian ditambahkan 2-3 tetes indikator fenolftalein dan dititrasi dengan larutan HCl hingga terjadi perubahan warna dari merah muda menjadi tidak berwarna. Dicatat volume HCl yang digunakan. Keasaman permukaan katalis dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$K \text{ Asam} = \frac{(\text{mmol NaOH awal} - \text{mmol NaOH akhir})}{\text{massa katalis}} \quad (1)$$

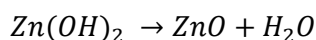
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Interkalasi ZnO ke dalam ruang antar lapis bentonit**

Modifikasi lempung bentonit dengan seng oksida (ZnO) dilakukan dengan reaksi pertukaran kation yang terdapat pada Na-bentonit dengan polihidroksi Zn<sup>2+</sup> yang dilanjutkan dengan konversi termal dari polikation yang telah terinterkalasi menjadi oksida logamnya. Pembuatan ZnO dilakukan dengan mereaksikan ZnCl<sub>2</sub> dengan NaOH dalam keadaan basa. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



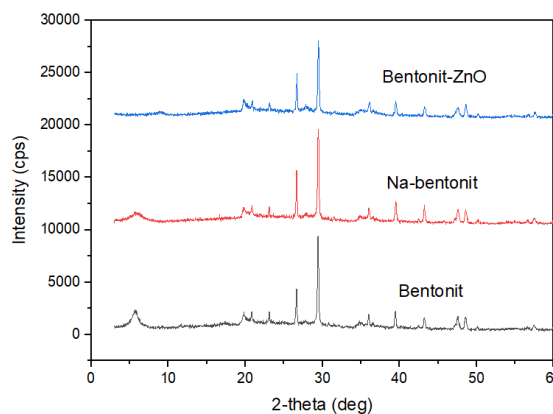
Setelah Zn(OH)<sub>2</sub> berada pada permukaan serta antar lapis bentonit, selanjutnya lempung melalui tahap kalsinasi dimana Zn(OH)<sub>2</sub> terdekomposisi menjadi oksida logam membentuk suatu pilar yang menopang lembaran-lembaran *phyllosilicate* satu dengan yang lainnya (Tennakoon *et al.*, 1986 dan Widjaya, 2012). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



**Karakterisasi dengan Difraksi Sinar X (XRD)**

Karakterisasi dengan XRD bertujuan untuk mengetahui kristalinitas Bentonit-ZnO

yang dihasilkan meliputi derajat kristalinitas, fase kristal, ukuran kristal dan kemungkinan terjadinya pergeseran jarak antar lapis dari lempung bentonit sebelum dan sesudah interkalasi. Pada Gambar 1, disajikan difraktogram yang dihasilkan dari lempung bentonit, Na-bentonit dan Bentonit-ZnO.



**Gambar 1.** Difraktogram lempung bentonit, Na-bentonit dan Bentonit-ZnO

Berdasarkan difraktogram yang dihasilkan dari analisis menggunakan XRD, tidak terlihat adanya perbedaan puncak-puncak difraksi yang signifikan dari ketiga material tersebut. Perbedaan puncak difraksi hanya terlihat pada 2θ=5°, yang mana puncak tersebut menghilang pada Bentonit-ZnO. Hal ini menunjukkan bahwa Bentonit-ZnO tidak lagi memiliki struktur yang sama dengan bentonit sebab sudut difraksi 2θ=5° merupakan karakteristik dari lempung bentonit. Modifikasi bentonit oleh ZnO juga menyebabkan perubahan fasa kristal, ukuran kristal, dan kristalinitas seperti yang tersaji pada tabel 1.

**Tabel 1.** Fasa kristal, ukuran kristal dan kristalinitas Na-bentonit dan Bentonit-ZnO

Sampel	Fasa Kristal	Ukuran Kristal (Å)	Kristalinitas (%)	2θ (deg)
Na-bentonit	Quartz	521	17,6	5,74°
	Calcite	795		
Bentonit -ZnO	Calcite	34,0	64	8,94°

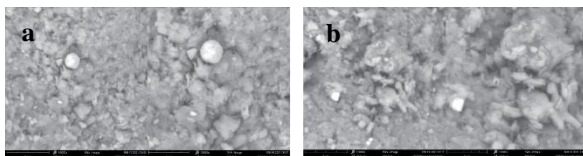
Dari Tabel 1, ditunjukkan bahwa interkalasi menyebabkan penurunan ukuran kristal dari 521 Å dan 795 Å menjadi 34,0 Å. Selain itu, terjadi peningkatan kristalinitas yang sangat tinggi dari 17,6 % menjadi 64 %. Interkalasi mengakibatkan perubahan fasa kristal

dimana Na-bentonit memiliki 2 (dua) fasa kristal (*quartz* dan *calcite*) menjadi satu fasa kristal (*calcite*) pada Bentonit-ZnO. Hal ini menunjukkan bahwa dengan tersisipkannya ZnO ke dalam antar lapis dan permukaan bentonit menyebabkan homogenitas kristal meningkat.

Ditinjau dari hasil identifikasi kristalinitas, ukuran kristal, puncak yang muncul pada  $2\theta$  (Tabel 1) dan difraktogram (Gambar 1) menunjukkan bahwa interkalasi yang dilakukan tidak meningkatkan jarak antar lapis Bentonit.

### Karakterisasi dengan SEM-EDS

Karakterisasi dengan SEM-EDS bertujuan untuk mengetahui perbandingan topografi, morfologi, komposisi serta pemetaan unsur yang ada pada lempung sebelum dan sesudah dilakukan interkalasi. Pada Gambar 2, disajikan perbandingan morfologi permukaan dari Na-bentonit dan Bentonit-ZnO dengan pembesaran 10.000x dan 15.000x berturut-turut.



**Gambar 2.** Morfologi permukaan (a) Bentonit-ZnO dan (b) Na-bentonit

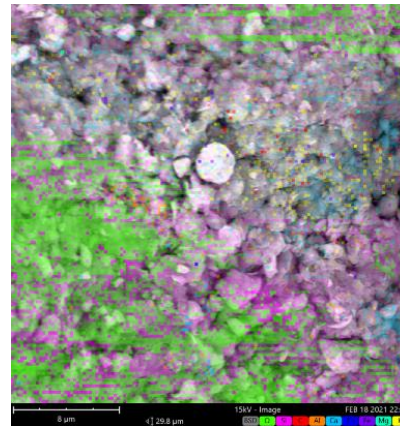
Pada Gambar 2 (a) yang merupakan morfologi permukaan dari Bentonit-ZnO menunjukkan permukaan yang lebih homogen dibandingkan dengan Gambar 2 (b). Hal ini menunjukkan telah terjadi perubahan morfologi yang diakibatkan oleh proses interkalasi oleh logam ZnO. Selain perubahan morfologi permukaan, proses interkalasi juga mempengaruhi komposisi unsur yang terkandung di dalam lempung. Hasil analisis perubahan komposisi unsur disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan data pada Tabel 2, proses pilarisasi lempung bentonit dengan logam ZnO ditunjukkan dengan kenaikan % Massa Zn dari 0,00% menjadi 4,69% pada Bentonit-ZnO. Interkalasi lempung oleh ZnO juga menyebabkan adanya penurunan beberapa komposisi mineral yang terkandung dalam lempung yang disebabkan oleh terjadinya proses tukar kation antara mineral yang terkandung dalam lempung dengan kation  $Zn^{2+}$  yang berasal dari oligomer  $Zn(OH)_2$  pada saat proses interkalasi.

**Tabel 2.** Komposisi unsur Na-bentonit dan Bentonit-ZnO

Unsur	Bentonit-ZnO		Na-bentonit	
	%	%	%	%
	Massa	Atom	Massa	Atom
O	51,23	60,51	22,12	22,95
C	11,48	18,06	47,42	65,53
Fe	2,50	0,85	9,86	2,93
Si	15,14	10,19	3,11	1,84
Al	7,21	5,05	1,03	0,64
Zn	4,69	1,35	-	-
Ca	6,66	3,14	12,65	5,24
Mg	1,10	0,85	0,05	0,04
K	-	-	1,22	0,52
I	-	-	2,52	0,33

Hasil analisis menggunakan SEM-EDS juga menunjukkan distribusi unsur yang terkandung dalam Bentonit-ZnO yang disajikan pada Gambar 3.

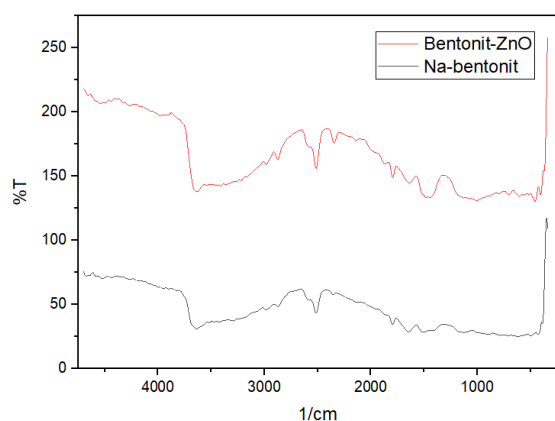


**Gambar 3.** Pemetaan persebaran berbagai unsur yang terkandung pada Bentonit-ZnO

Berdasarkan hasil pemetaan unsur pada Gambar 3 menunjukkan bahwa jumlah unsur Zn dalam Bentonit-ZnO meningkat karena proses interkalasi.

### Karakterisasi dengan FTIR

Karakterisasi dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsional yang terdapat pada lempung. Spektra infra merah dari Na-bentonit dan Bentonit-ZnO ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Spektra infra merah Na-bentonit dan Bentonit-ZnO

Spektra FTIR pada Na-bentonit dan Bentonit-ZnO berturut-turut menunjukkan adanya pita serapan pada daerah  $3600\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya O-H regang dari gugus hidroksil yang merupakan karakteristik dari montmorillonit yang merupakan bagian dari lempung bentonit serta mengindikasikan keberadaan  $\text{H}_2\text{O}$  di dalam mineral atau adanya kemungkinan terdapat ikatan hidroksil pada antar lapis silikat aluminat (Hussin *et al.*, 2011). Hal tersebut diperkuat dengan munculnya pita serapan pada daerah  $1600 - 1650\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya regangan H-O-H bentuk deformasi air dan merupakan bagian struktural dari bentonite (Rotenberg, 2014 dan Pradisty *et al.*, 2017). Pita serapan yang muncul pada daerah  $2900-2850\text{ cm}^{-1}$  pada Bentonit-ZnO merupakan serapan dari ikatan  $\text{SiO}_4$  yang merupakan struktur khas dari bentonite (Ravindra *et al.*, 2017). Keberhasilan interkalasi ZnO ke dalam Na-bentonit ditunjukkan oleh adanya puncak serapan  $456,18\text{ cm}^{-1}$  pada Bentonit-ZnO yang diidentifikasi sebagai daerah regangan ZnO (Wismayanti *et al.*, 2015).

#### Karakterisasi luas permukaan dengan metode adsorpsi *Methylene Blue*

Analisis luas permukaan dengan metode adsorpsi *Methylene Blue* (MB) bertujuan untuk mengetahui kemampuan katalis dalam menyerap larutan berwarna yang berukuran  $15-25\text{ \AA}$  atau  $1,5-2,5\text{ nm}$  (Manurung *et al.*, 2019). Hasil pengukuran luas permukaan Na-bentonit dan Bentonit-ZnO dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3, terlihat bahwa luas permukaan Na-bentonit dan Bentonit-ZnO terhadap MB relatif sama, yaitu berturut-turut sebesar  $46,229\text{ m}^2/\text{g}$  dan  $46,357\text{ m}^2/\text{g}$ . Luas permukaan spesifik yang hampir sama ini juga didukung oleh hasil karakterisasi menggunakan

Difraksi Sinar X yang menyatakan bahwa tidak adanya pergeseran jarak antar lapis pada Bentonit-ZnO.

**Tabel 3.** Hasil pengukuran luas permukaan Na-bentonit dan Bentonit-ZnO

No	Sampel	Luas permukaan spesifik (S)( $\text{m}^2/\text{g}$ )
1	Na-bentonit	46,229
2	Bentonit-ZnO	46,357

#### Karakterisasi situs asam permukaan dengan metode titrasi asam-basa

Keasaman permukaan katalis yang berkaitan dengan jumlah situs asam Brønsted ataupun Lewis pada katalis dinyatakan sebagai jumlah milimol asam dalam setiap gram katalis (Yang, 2003). Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Keasaman permukaan dan situs asam Na-bentonit dan Bentonit-ZnO

Sampel	Keasaman permukaan rata-rata ( $\text{mmol/g}$ )	Jumlah situs aktif asam (situs/g)
Na-bentonit	$0,2279 \pm 0,1127$	$1,3719 \times 10^{23}$
Bentonit-ZnO	$0,0978 \pm 0,0563$	$5,887 \times 10^{22}$

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa Na-bentonit memiliki keasaman permukaan yang lebih tinggi yaitu sebesar  $0,2279 \pm 0,1127\text{ mmol/g}$ , dengan situs aktif  $1,3719 \times 10^{23}$  situs/g dibandingkan dengan Bentonit-ZnO yang memiliki keasaman permukaan sebesar  $0,0978 \pm 0,0563\text{ mmol/g}$  dengan jumlah situs aktif sebesar  $5,887 \times 10^{22}$  situs/g.

## SIMPULAN

Sifat-sifat fisik dan kimia yang ditimbulkan dari interkalasi ZnO ke dalam lempung bentonit dapat meningkatkan kristalinitas dari 17,6 ke 64%, morfologi permukaan menjadi lebih homogen serta meningkatkan persentase unsur Zn dari 0% menjadi 4,69%. Selain itu juga peningkatan luas permukaan katalis dari  $46,229\text{ m}^2/\text{g}$  menjadi  $46,357\text{ m}^2/\text{g}$  serta penurunan situs aktif asam dari  $1,3719 \times 10^{23}$  situs/g menjadi  $5,887 \times 10^{22}$  situs/g.

## DAFTAR PUSTAKA

Ayudianingsih, U., Nisa', K., Swandaru, A., Yuni, M., Fauziah, N. 2006. *Pemanfaatan Bentonit Sebagai Katalis*

- Padat Dalam Optimalisasi dan Efisiensi Sintesis  $\alpha$ -tokoferol (Vitamin E)*. PS Kimia Fakultas MIPA UNAIR. Surabaya
- Han, Z., Liao, L., Wu, Y., Pan, H., Shen, S., and Chen, J. 2012. Synthesis and photocatalytic application of oriented hierarchical ZnO flower-rod architectures. *Journal of Hazardous Materials*. 217-218: 100–106
- Hussin, F., Aroua, M. K., and Daud, W. M. A. W. 2011. Textural characteristics, surface chemistry and activation of bleaching earth: A review. *Chemical Engineering Journal*. 170(1): 90–106
- Istina, Y., Wijaya, K., Tahir, I., dan Mudasir. 2003. Pilarisasi dan Karakterisasi Montmorillonit. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 4(3): 1-7
- Manurung, M., Ratnayani, O., dan Prawira, R.A. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Arang dari Limbah Bambu dengan Aktivator  $ZnCl_2$ . *Cakra Kimia*. 7(1): 69-77
- Nagendrappa, G. 2002. Organic Synthesis Using Clay Catalysts. *Resonance*. 7: 64–77
- Pradisty, N. A., Sihombing, R., Howe, R. F., and Krisnandi, Y. K. 2017. Fe(III) Oxide-modified Indonesian Bentonite for Catalytic Photodegradation of Phenol in Water. *Makara Journal of Science*. 21(1): 25-33
- Ravindra, R. T., Kaneko S., Endo, T., and Lakshmi, R.S. 2017. Spectroscopic Characterization of Bentonite. *J Laser Opt Photonics*. 4: 3
- Rinaldi, N. dan Dwiatmoko, A. 2011. *Studi Awal Pada Preparasi Katalis Berbasis Lempung Terpillar Untuk Reaksi Etanol Menjadi Gasoline (ETG)*. PP Kimia – LIPI. Tangerang
- Rotenberg, B. 2014. *Water in clay nanopores*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sarvari, M. H and Sharghi, H. 2004. Reactions on a Solid Surface. A Simple, Economical and Efficient Friedel-Crafts Acylation Reaction over Zinc Oxide (ZnO) as a New Catalyst. *J. Org. Chem.* 69: 6953-6956
- Sutanto, H dan Wibowo, S. 2015. *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania*. Jurusan Fisika FMIPA UNDIP. Semarang
- Tennakoon, D. T. B., Jones, W., and Thomas, J. M. 1986. Structural aspects of metal-oxide-pillared sheet silicates. An investigation by magic-angle-spinning nuclear magnetic resonance, fourier-transform infrared spectroscopy and powder X-ray diffractometry. *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* 82: 3081-3095
- Widjaya, R. R. 2012. Bentonit Pilarisasi Cr dan Zeolit HZSM-5 Sebagai Katalis Pada Proses Konversi Ethanol Menjadi Biogasolin. *Tesis*. Program Studi Ilmu Material Pascasarjana FMIPA UI. Jakarta
- Wijaya, K., Tahir, I., Baikuni, A. 2002. Sintesis Lempung Terpillar  $Cr_2O_3$  dan Pemanfaatannya sebagai Inang Senyawa p-nitroanilin. *Indonesian Journal of Chemistry*. 2(1): 12-21
- Wismayanti, D. A., Diantariani, N. P., Santi, S. R. 2015. Pembuatan Komposit ZnO-Arang Aktif Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Metilen Blue. *Jurnal Kimia*. 9(1): 109-116
- Yang, R.T. 2003. *Adsorbent: Fundamentals and Applications*, 1<sup>st</sup> ed. New Jersey: John Willey and Sons Inc.