

## MODIFIKASI AMPO MELALUI METODE PILARISASI

Yuliani HR<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Ujung Pandang

Email: yulih07@yahoo.com

### Abstrak

Ampo merupakan bahan galian alam oleh masyarakat dimanfaatkan sebagai penghilang rasa pahit daun pepaya. Kemampuannya mengindikasikan ampo memiliki surface area memadai sehingga disimpulkan berpotensi sebagai adsorben. Penggunaannya secara langsung mempunyai kendala ketika berada dalam air akan rapuh dan mengembang akibatnya kemampuan adsorpsinya tidak optimal. Untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi dan karakteristiknya dilakukan modifikasi ampo melalui pilarisasi.

Pilarisasi merupakan interkalasi agen pemilar ke dalam antarlapis ampo. Pembuatan ampo terpillar meliputi pembuatan suspensi, agen pemilar dengan menghidrolisis larutan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.2 M dengan NaOH 0.2 M pada OH/Fe 2, interkalasi agen pemilar ke suspensi ampo dengan Fe/ampo 2, dicuci dan dikalsinasi menggunakan suhu 300, 400 dan 500 °C. Pengujian dilakukan penjerapan methyl violet dalam air. Karakterisasi terdiri dari *basal spacing*, luas permukaan, distribusi ukuran pori, dan gambar morfologi struktur ampo terpillar dan ampo.

Hasil penelitian menunjukkan ampo terpillar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dibuat melalui interkalasi agen pemilar polihidroksi kation besi. Secara umum ampo terpillar dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dan karakteristiknya. Kondisi optimum yaitu Fe/ampo 2, OH/Fe 2 dan suhu kalsinasi 400 °C dengan basal spacing 15.77 Å, luas permukaan 99.56 m<sup>2</sup>/g serta kapasitas adsorpsi 117.10 mg/g. Berdasarkan metode De-boer menunjukkan ampo terpillar memiliki distribusi ukuran pori bimodal dan morfologi permukaan strukturnya lebih porous dibandingkan ampo tanpa pilar.

**Kata kunci:** ampo, pilarisasi, kalsinasi, basal spacing

### Abstract

Ampo is a natural mineral used by the community as a reliever of bitter taste in papaya leaves. Ampo's ability in adsorbing bitter taste in papaya leaves indicates that ampo has adequate surface area so it can be concluded that a potential ampo adsorbent. Usage of ampo directly as adsorbent has constraint that is when it in the water will be brittle and swell as a result not optimal adsorption ability. To increase the adsorption capacity and characteristics is performed by ampo modification with pillarisation method.

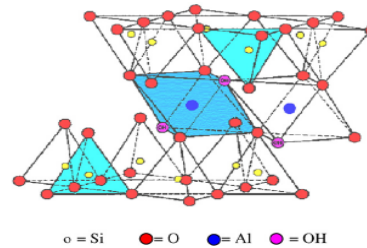
Pillarisation is an intercalation pillaring agent into ampo interlayer. Synthesis of pillared ampo includes making of suspension, pillaring agent with a solution  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  hydrolyze with NaOH 0.2 M on the ratio of OH / Fe 2 and Fe/ampo 2. After intercalation, process continue with washing and calcination at apply temperature 300, 400 and 500°C, testing and characterization. Testing is done through methyl violet adsorption in water. Characterization consist of determination of basal spacing, surface area and pore size distribution, the images of pillared and unpillared ampo morphological structure and determination of maximum adsorption capacity.

The results showed that pillared ampo with  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  can be made through Intercalation of pillared agent into interlayer montmorillonite and nontronite in ampo using iron polyhidroksi cations. In general, the pillared ampo with variation temperature calcination can increase ability of adsorption and ampo characteric. The best result obtained from the experiment is at Fe/ampo ratio 2 , OH/Fe ratio 2 and calcination temperature 400°C with basal spacing 15.76575 Å, surface area 99.56 m<sup>2</sup>/g and adsorption capacity 117.10 mg/g. Calculation using the De-Boer method and modified Horvath Kawazoe showed bimodal pore size distribution in pillared ampo. Surface morphology showed structure of pillared ampo is more porous than unpillared ampo.

**Keyword:** ampo, pillarisation, calcination, basal spacing

### PENDAHULUAN

Ampo sangat menarik untuk diteliti karena kemampuannya dalam menyerap rasa pahit pada daun pepaya selain itu memiliki sifat seperti tanah liat. Lempung yang terdapat pada ampo mempunyai struktur berlapis, kemampuan mengembang (*swelling*) dan memiliki kation-kation yang dapat ditukarkan (Yuliani, 2009). Berdasarkan analisis difraksi sinar-X mineral penyusun ampo Wonosobo yaitu *quartz*, *calcium carbonat*, *nontronite*, *magnesium chlorite hidrokside* dan *montmorillonit*. Struktur montmorillonit dapat dilihat pada Gambar 1. Ampo juga dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai camilan, obat penurun panas, obat sakit perut serta penghilang rasa pahit pada daun pepaya (Yoesfile, 2007). Pemakaian secara konvensional kurang menguntungkan jika ditinjau dari segi ekonomi maka untuk mengubahnya material yang lebih berguna dan memiliki nilai ekonomi lebih tinggi maka dilakukan suatu upaya rekayasa teknologi dengan melihat potensi yang dimilikinya. Kemampuannya menyerap rasa pahit pada daun pepaya mengindikasikan bahwa ampo memiliki surface area yang memadai sehingga disimpulkan ampo berpotensi sebagai adsorben.

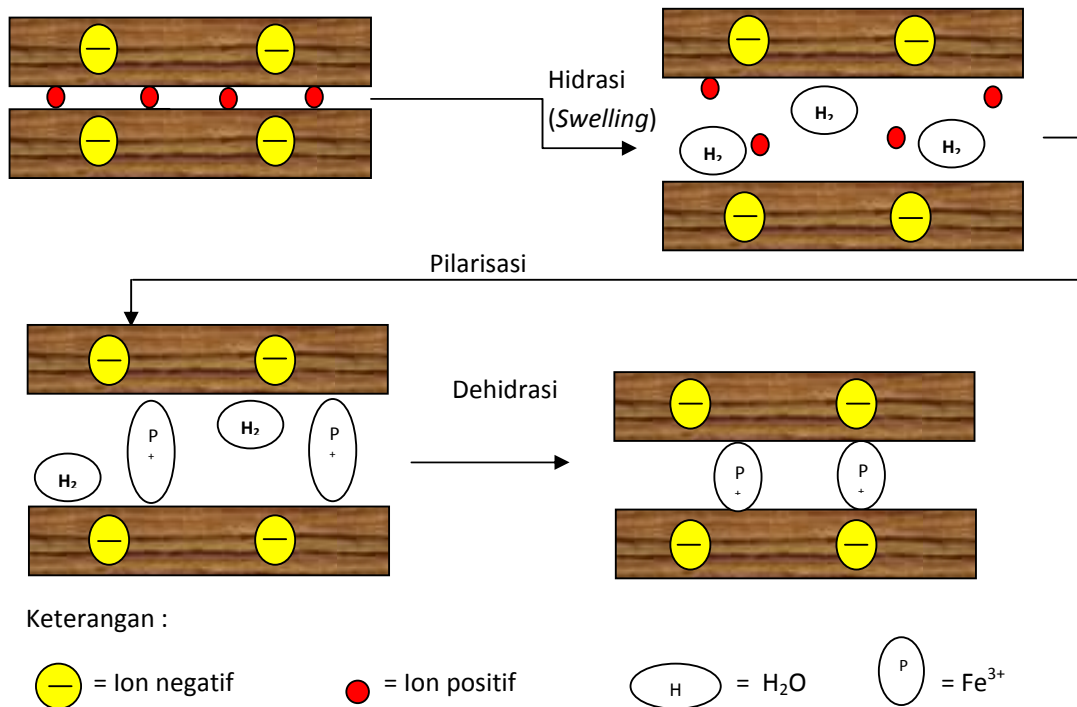


Gambar 1. Struktur *montmorillonit*

Penggunaan ampo secara langsung dari alam sebagai adsorben mempunyai kendala yaitu ketika berada dalam air akan rapuh dan mengembang. Akibatnya kemampuan adsorbsinya tidak optimal dan ketahanan dalam air rendah. Sifat mengembang ini disebabkan oleh kandungan mineral lempung dalam ampo. Kandungan mineral lempung antara lain *montmorillonit*, *nontronit*, *polygorskite*, *sepiolit*, *kaolin*, *vermikulit* dan lain – lain (Ouhadi dan Yang, 2003, Frydman dkk, 2007). Untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi dan ketahanan dalam air, maka dilakukan modifikasi ampo dengan metode pilarisasi. Pilarisasi merupakan interkalasi agen pemilar berupa kation polyhidroksi logam ke dalam struktur material berlapis dilanjutkan kalsinasi untuk menghasilkan oksida logam yang stabil (Karamanis dan Assimakopoulos, 2007). Beberapa faktor yang berpengaruh pada pilarisasi yaitu konsentrasi ion logam, derajat hidrolisis (OH/Metal), rasio metal/clay, suhu dan waktu pilarisasi serta suhu dan waktu kalsinasi (Sychev dkk, 2000).

Penelitian pilarisasi ampo belum pernah dilakukan, sehingga untuk memperbaiki karakteristik dan kinerja ampo sebagai adsorben perlu dilakukan penelitian. Ampo memiliki kandungan mineral *montmorillonite* dan *nontronite* yang bersifat mengembang dan menyusut menyerupai clay, sehingga diyakini bahwa ampo dapat dipilar. Pada penelitian ini pilarisasi ampo mengikuti metode pilarisasi clay. Pemilaran dilakukan dengan menginterkalasikan kation polihidroksi besi ke dalam antarlapis silikat lempung pada ampo kemudian dilanjutkan proses kalsinasi untuk menghasilkan pilar oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Selanjutnya dilakukan karakterisasi seperti luas permukaan spesifik, volume total pori, distribusi ukuran pori dan basal spacing terhadap ampo terpilar dan ampo tanpa pilar. Efek variabel proses terhadap kinerja ampo terpilar sebagai adsorben diuji dengan penyerapan zat warna metil violet. Karakterisasi struktur kristal dilakukan dengan difraksi sinar-X (XRD), karakterisasi luas permukaan dilakukan dengan surface area analyzer NOVA 2000 dan gambar morfologi struktur permukaan menggunakan SEM.

*Montmorillonite* dan *nontronite* pada ampo menyebabkan ampo mengembang ketika dimasukkan ke dalam air dan menyusut pada keadaan kering. Tingginya daya mengembang dan menyusut dari *montmorillonite* dan *nontronite* menyebabkan mineral ini dapat disisipi ion logam. Penyisipan ini dikenal dengan metode pilarisasi. Pilarisasi merupakan interkalasi agen pemilar ke dalam struktur material berlapis. Interkalasi merupakan suatu proses penyisipan atom-atom atau molekul-molekul ke dalam antarlapis material berlapis dengan tidak merusak struktur lapisan tersebut (Arfaoui dkk, 2007). Atom-atom atau molekul-molekul yang akan disisipkan disebut interkalat (*intercalate*) sedangkan lapisan yang merupakan tempat interkalat disebut interkalan (*intercalant*). Dengan masuknya interkalat ke dalam interkalan maka susunan yang dimiliki interkalan mengalami perubahan. Perubahan terjadi karena lapisan terdekat terhalangi oleh interkalat karena memiliki ukuran molekul lebih besar dari molekul asalnya. Proses pemilaran ampo dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Proses Pemiliran Ampo

Mekanisme pemiliran pada gambar 2 dilakukan melalui pertukaran kation antar kation polihidroksi besi dengan kation lain seperti Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup> yang terdapat dalam lempung pada ampo, selanjutnya dikalsinasi untuk membentuk pilar oksida logam (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Perubahan jarak antarlapis silikat dalam ampo akibat masuknya agen pemiliran polihidroksi kation besi akan menyebabkan perubahan karakteristik seperti basal spacing, luas permukaan spesifik, distribusi ukuran pori, dan gambar morfologi struktur permukaan.

**Karakteristik**

Metode yang digunakan untuk menentukan luas permukaan material padatan didasarkan pada fenomena lapis jamak yang berlangsung pada temperature tetap. Brunauer, Emmett dan Teller (BET) dalam Do (1998) mengusulkan suatu persamaan adsorpsi isotermis, dengan mengambil asumsi bahwa permukaan zat padat tidak akan tertutup secara sempurna selama tekanan uap jenuh belum tercapai. Persamaan BET dituliskan dalam Persamaan (1)

$$\frac{P}{V(P_o - P)} = \frac{1}{V_m.C} + \left(\frac{C-1}{V_m.C}\right)\left(\frac{P}{P_o}\right) \tag{1}$$

Distribusi ukuran pori merupakan aspek penting dari adsorpsi dan diperlukan dalam evaluasi media berpori serta membran. Pada penelitian ini, bentuk pori pada ampo diperkirakan berbentuk slit.

**Metode De Boer**

De Boer mempelajari secara ekstensif pore size distribution dan menyederhanakan metode perhitungannya untuk bentuk pori yang berbeda menggunakan perhitungan statistik ketebalan lapisan film dan jari-jari pori. Persamaan-persamaan yang digunakan pada metode ini sebagai berikut (Do, 1998).

$$(d - 2t) = \begin{cases} \frac{0,405+0,2798\left[\left(\frac{1}{t}\right)-\left(\frac{2}{d}\right)\right]-0,068\left(\frac{d}{2}-t\right)}{\log_{10}\left(\frac{P_o}{P}\right)} & t < 1,00 \text{ nm} \\ \frac{0,405+0,3222\left[\left(\frac{1}{t}\right)-\left(\frac{2}{d}\right)\right]+0,2966[\exp(-0,569d)-\exp(-1,137t)]}{\log_{10}\left(\frac{P_o}{P}\right)} & t > 0,55 \text{ nm} \end{cases} \tag{2}$$

Dengan d adalah jarak antara lapisan dan t adalah ketebalan adsorbed layer. Keduanya mempunyai satuan nm. Hubungan ketebalan adsorbed layer dengan P/Po dinyatakan dengan Persamaan (3).

$$\log_{10}\left(\frac{P^o}{P}\right) = \frac{0,1611}{t^2} - 0,1682\exp(-1,13.t) \quad t > 0,55 \text{ nm}$$

(3)

- Prosedur perhitungan pore size distribution sebagai berikut :
- Pengambilan data ( $V$  dan  $P/P_0$ )
- Menghitung  $t$  menggunakan Persamaan (3) untuk tiap segmen tekanan.
- Menghitung ( $d$ ) menggunakan Persamaan (2)
- Membuat grafik antara ( $dV/dd$ ) versus ( $d$ ).

### METODE PENELITIAN

Penelitian dibagi dalam tiga tahap yaitu persiapan bahan baku yaitu ampo dan bahan pendukung yaitu agen pemilar, pilarisasi dimulai dari interkalasi, pencucian, pemanasan dan interkalsi, tahap terakhir yaitu karakterisasi ampo terpillar yang dihasilkan dan sebagai pembandingan juga dilakukan pada ampo tanpa pilar.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian yang akan dibahas berupa pengaruh parameter penelitian yaitu perbandingan Fe/ampo pada OH/Fe 2 dan suhu kalsinasi 300, 400 dan 500 °C terhadap kualitas ampo terpillar yang dihasilkan. Keberhasilan pilarisasi dilakukan dengan melakukan karakterisasi meliputi kapasitas adsorpsi methyl violet, basal spacing, luas permukaan, distribusi ukuran pori dan gambar morfologi permukaan.

#### 1. Kapasitas adsorpsi methyl violet

Penjerapan methyl violet dalam air merupakan pengujian awal ampo terpillar dan ampo tanpa pilar yang merupakan sarana untuk menyeleksi pada proses karakterisasi. Kapasitas maksimum adsorpsi dihitung berdasarkan model Isotherm Langmuir dan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kapasitas adsorpsi methyl violet dalam air pada variasi suhu kalsinasi

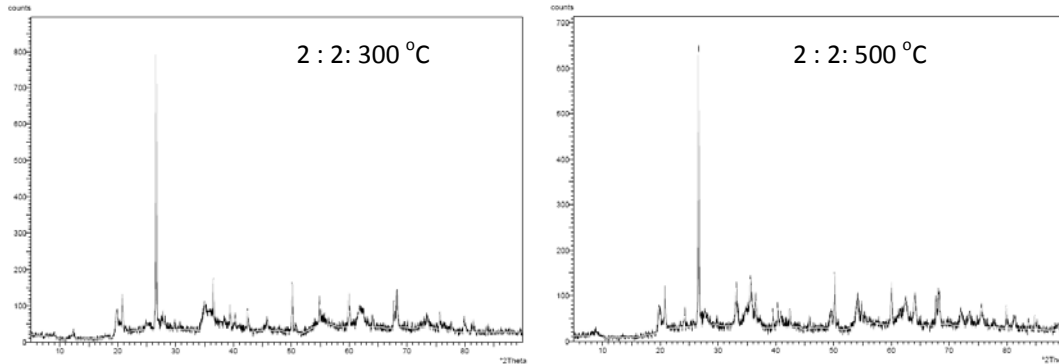
Suhu °C	Ampo tanpa pilar		Ampo terpillar 2 2	
	b [l/mg]	q max [mg/g]	b [l/mg]	q max [mg/g]
300	0.0208	43.3960	0.1407	98.2635
400	0.0237	41.5023	0.1093	117.1008
500	0.0243	39.8057	0.0305	66.8549

Tinjauan variasi suhu kalsinasi 300 – 500 °C memperlihatkan perbedaan kecenderungan ampo terpillar dan ampo tanpa pilar. Tabel 1 menunjukkan bahwa pada ampo tanpa pilar, semakin tinggi suhu kalsinasi maka kapasitas adsorpsinya makin menurun hal ini mengindikasikan bahwa ampo tanpa pilar mengalami kerusakan [*collapse*] struktur antarlapis ampo. Clay akan mengalami kerusakan struktur dan kerusakan antar lapisan pada suhu di atas 250 °C (Pinnavia, 1983 ; Simpen, 2001). Luas permukaan meningkat dengan kenaikan suhu kalsinasi (100 – 200) °C pada alunite sehingga zat warna yang dijerap meningkat dari 90 mg/g menjadi 95 mg/g dan mengalami penurunan kapasitas adsorpsi yaitu 75 mg/g untuk suhu kalsinasi (300 - 400) °C, hal ini disebabkan adanya penurunan luas permukaan (Ozacar dan Sengil, 2004). Pada penelitian ini kapasitas adsorpsi methyl violet menggunakan ampo terpillar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mengalami kenaikan yaitu 98.2635 dan 117.1008 mg/g untuk suhu kalsinasi 300 – 400 °C, sebaliknya terjadi penurunan kapasitas adsorpsi untuk suhu 500 °C yaitu 66.8549 mg/g. Kapasitas adsorpsi ampo terpillar tersebut lebih tinggi dibandingkan ampo tanpa pilar untuk semua suhu kalsinasi.

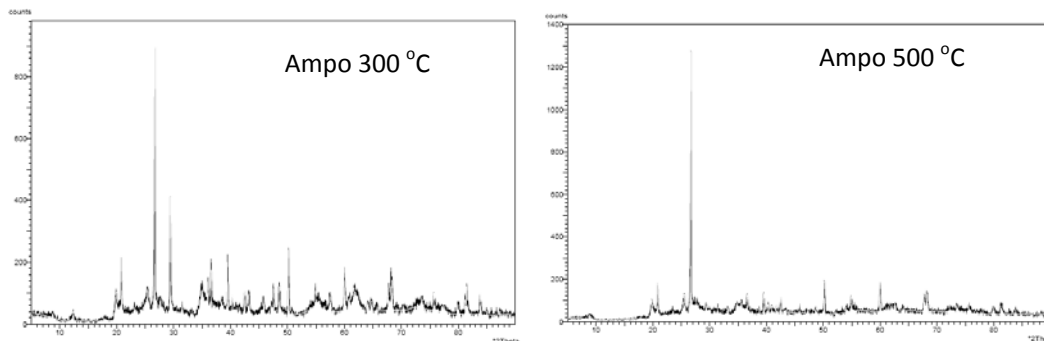
#### 2. Basal Spacing

Pemilaran ampo dengan besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) didasarkan pada interkalasi agen pemilar yang berupa kompleks kation logam besi ke dalam antarlapis silikat ampo. Proses kimia yang terlibat dalam interkalasi adalah pertukaran kation. Kajian suhu kalsinasi pada ampo tanpa pilar dan ampo terpillar ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 serta Tabel 2. Ampo tanpa pilar akan mengalami penurunan basal spacing dengan kenaikan suhu kalsinasi yang mengindikasikan bahwa ampo telah mengalami kerusakan (*collapse*) diantara lapisan silikat dalam ampo pada suhu kalsinasi 300 °C. Pada ampo terpillar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk suhu kalsinasi 300 – 400 °C menunjukkan adanya kenaikan basal spacing mengindikasikan terjadi penyisipan agen pemilar ke dalam antar lapisan ampo dan terbentuknya pilar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang akan mengikat diantara lapisan dan terikat kuat didalamnya. Pada suhu 500 °C terjadi penurunan basal spacing disebabkan terjadinya kerusakan pada struktur. Kecenderungan ini juga terjadi

pada pilarisasi bentonit menggunakan kation polihidroksi besi yang dilakukan oleh Canizares dkk. (1999) yaitu 2.279 nm; 2.295 nm dan 2.282 nm untuk suhu kalsinasi 200, 300 dan 500°C



Gambar 3 Difraktogram ampo terpillar variasi suhu kalsinasi



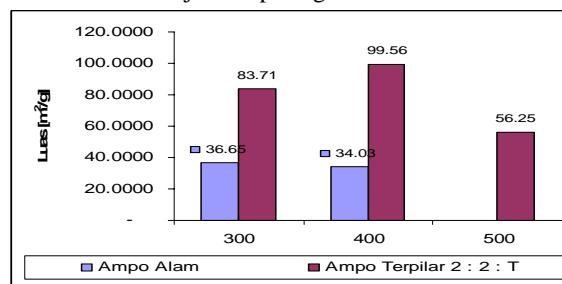
Gambar 4 Difraktogram ampo variasi suhu kalsinasi

Tabel 2 Basal spacing pada variasi suhu kalsinasi

No	Ampo Terpillar		Ampo	
	Suhu °C	Basal spacing (Å)	Suhu °C	Basal spacing (Å)
1	300	15.11084	300	10.05303
2	400	15.76575	400	10.05291
3	500	14.61056	500	10.04836

### 3. Luas Permukaan

Luas permukaan diperoleh berdasarkan penentuan kapasitas monolayer yang menunjukkan banyaknya molekul yang dapat diadsorpsi pada permukaan material padatan. Luas permukaan dihitung melalui hubungan slope dan intersept sesuai Persamaan (1). Hasil perhitungan untuk variabel penelitian berupa Fe/ampo 2, OH/Fe 2 dan variasi suhu kalsinasi 300 – 500 °C ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Luas permukaan variasi Fe/Ampo

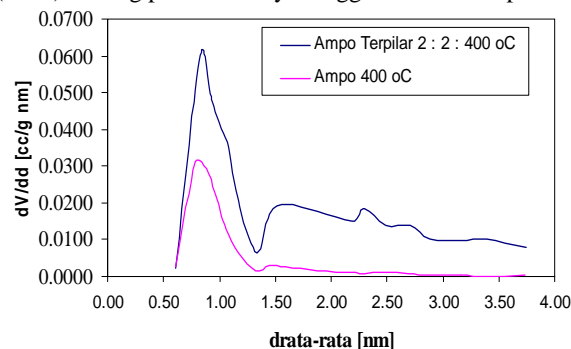
Ampo terpillar  $Fe_2O_3$  juga memiliki luas permukaan lebih tinggi dari ampo tanpa pilar seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5. Kenaikan suhu kalsinasi mengakibatkan ampo tanpa pilar mengalami penurunan luas permukaan, sebaliknya pada ampo terpillar dengan suhu kalsinasi 300 – 400 °C mengalami kenaikan luas

permukaannya dari 83.71 m<sup>2</sup>/g menjadi 99.56 m<sup>2</sup>/g. Kenaikan ini mengindikasikan bahwa pada suhu 400 °C pembentukan pilar oksida besi sempurna dan jika suhu dinaikkan lagi maka terjadi *collapse* pada struktur antar lapis ampo seperti yang ditunjukkan dengan penurunan luas permukaan pada suhu kalsinasi 500°C. Hutson dkk. (1999) melakukan penelitian clay terpillar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hasil penelitian menunjukkan luas permukaan 323 m<sup>2</sup>/g untuk 400 °C dan 235 m<sup>2</sup>/g pada suhu kalsinasi 600 °C. Perbedaan luas permukaan disebabkan karena pada suhu kalsinasi 600 °C clay terpillar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mengalami *collapse* pada struktur antar lapisan silikat lempung.

Luas permukaan ampo terpillar secara keseluruhan lebih tinggi dibandingkan ampo tanpa pilar dengan luas permukaan rata-rata pada suhu kalsinasi 400 °C sebesar 79.46 m<sup>2</sup>/g sedangkan ampo tanpa pilar 34.02 m<sup>2</sup>/g. Vidal dkk. (2006) berkesimpulan bahwa pilarisasi bentonit menggunakan Fe<sup>3+</sup> dapat meningkatkan luas permukaan dari 66 m<sup>2</sup>/g menjadi 202 m<sup>2</sup>/g. Fe-pillared clay dapat meningkatkan luas permukaan sebesar 215.7 m<sup>2</sup>/g (Yuan dkk., 2006). *Montmorillonite* terpillar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> suhu kalsinasi 200°C dapat meningkatkan luas permukaan dari 81.34 m<sup>2</sup>/g menjadi 136.40 m<sup>2</sup>/g (Wijaya dkk., 2005). Besar dan kecilnya luas permukaan selain variabel penelitian juga dipengaruhi oleh bahan baku. Pada penelitian pilarisasi ampo terpillar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2: 2: 400 °C dapat meningkatkan luas permukaan dari 34.027 m<sup>2</sup>/g menjadi 99.5618 m<sup>2</sup>/g, nilai ini lebih kecil dari penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya. Perbedaan ini disebabkan beberapa faktor diantaranya adanya kandungan CaCO<sub>3</sub>, kemurnian bahan baku, suspensi ampo, agen pemilar dan pengontrolan laju pemanasan saat kalsinasi. Kenaikan luas permukaan yang ditunjukkan ampo terpillar juga merupakan salah satu indikator keberhasilan pilarisasi pada ampo

#### 4. Distribusi ukuran pori

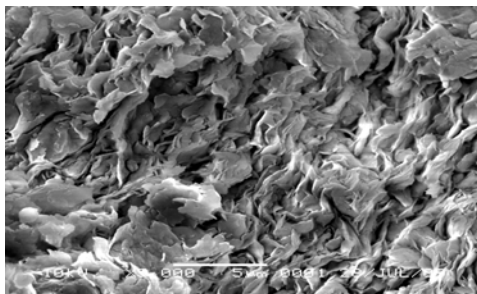
Perhitungan distribusi ukuran pori hanya dilakukan pada ampo terpillar Fe/ampo 2 dan OH/Fe 2 dan sebagai pembanding juga dilakukan pada ampo tanpa pilar suhu kalsinasi 400 °C. Hasil perhitungan baik metode metode De-Boer disajikan pada Gambar 6. Distribusi ukuran pori memberikan gambaran tentang ukuran pori pada suatu material. Gambar 6 menunjukkan lebih dari satu puncak yang menggambarkan bahwa dalam ampo terpillar memiliki lebih dari satu ukuran pori atau disebut bimodal. Hal ini mengindikasikan bahwa pilarisasi menimbulkan terbentuknya pori baru. Pembentukan pori baru akibat pilarisasi terjadi pula pada penelitian yang dilakukan oleh Hutson dkk (1999) tentang pilarisasi clay menggunakan bahan pemilar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



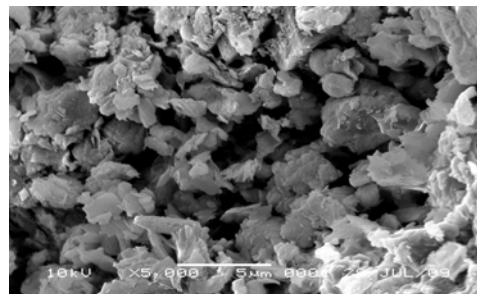
Gambar 6. Distribusi ukuran pori dengan metode de Boer

#### 5. Gambar Morfologi

Gambar morfologi hanya dilakukan pada ampo terpillar 2:2 : 400 °C dan sebagai pembanding juga dilakukan pada ampo tanpa pilar.



a Ampo tanpa pilar



b Ampo terpillar 2:2: 400 °C

Gambar 7. Morfologi struktur permukaan ampo dan ampo terpillar

Foto SEM memperlihatkan perbedaan tekstur permukaan antara ampo alam dan ampo terpillar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ampo tanpa pilar morfologi permukaan berbentuk serpihan sedangkan pada ampo terpillar tampak bongkahan putih. Pembentukan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai pilar di dalam antarlapis ampo maupun permukaan ampo



mengakibatkan perubahan morfologi yang ditunjukkan dengan bongkahan-bongkahan putih yang kemungkinan adalah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

#### KESIMPULAN

1. Ampo terpillar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dapat dibuat melalui interkalasi agen pemilar ke dalam antar lapis montmorillonite dan nontronite dalam ampo.
2. Suhu kalsinasi 300 – 400 °C mempengaruhi pembentukan pilar besi oksida yang berkaitan dengan peningkatan basal spacing dan luas permukaan spesifik tetapi terjadi kerusakan struktur pada suhu kalsinasi 500 °C ditandai dengan penurunan basal spacing dan luas permukaan spesifik
3. Ampo terpillar pada perbandingan Fe/ampo 2, OH/Fe 2 dan suhu kalsinasi 400 °C memberikan sifat fisik tertinggi yaitu basal spacing 15.76575 °A, luas permukaan 99.56  $\text{m}^2/\text{g}$  dan kapasitas adsorpsi 117.10 mg/g.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arfaoui, S., Frini-Srasra, N., and Srasra, E., 2007, "Modelling of The Adsorption of The Chromium Ion by Modified Clays", *Desalination* 222, 474-481.
- Canizares, P., Valverde, J.L., Kou, M.R.S and Molina, C.B., 1999, "Synthesis and Characterization of PILCS with Single and Mixed Oxide Pillars Prepared from Two Different Bentonites. A Comparative study", *Microporous and Mesoporous (29)* 267-281.
- Do, D.D., 1998, "Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics, Series on Chemical Engineering", Vol 2, Imperial College, 13 – 16.
- Frydman, S., Talensnick, M., Geffen, S and Shvartzman, A., 2007, "Landslides and Residual Strength in Marl Profiles in Israel", *Engineering Geology*, 89, 36-46.
- Hutson, N.D., Hoekstra, M.J and Yang, R.T., 1999, "Control of Microporosity of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Pillared Clays" : Effect of pH, Calcination Temperature and Clay Cation Exchange Capacity, *Microporous and Mesoporous Material* 28, 447-459.
- Karamis, D., and Assimakopolus, P.A., 2007, "Effisiensi of aluminium-pillared montmorillonite on the removal of cesium and copper from aqueous solution", *wate research* 14, 1897-1906.
- Lowell, S and Shields, J.E., 1984, "Powder Surface Area and Porosity", 2<sup>nd</sup> ed, London, New York.
- Mohamed A.M.O, 2000, "The role of clay minerals in marly soils on its stability, *Engineering Geology*", 57.
- Ouhadi, V.R., and Yang, R.N., 2003, "The Role of Clay Fractions of Marly Soils on Their Post Stabilization Failur", *Engineering Geology* 70, 365-375.
- Ozacar, M. and Sengil, I.A., 2006, "A Two Stage Batch Adsorber Design for Methylene Blue removal to Minimize Contact Time", *Environmental Management* 80, 372-379.
- Saib, N.B., Khouli, K., and Mohammedi, O., 2007, "Preparation and Characterization of Pillared Montmorillonite: Application in Adsorption of Cadmium", *Desalination* 217, 282-290.
- Sanabria, N., Alvarez, A., Molina, R and Moreno, S., 2008, "Synthesis of Pillared Bentonite Starting from the Al-Fe Polymeric Precursor in Solid State, and Its Catalytic Evaluation in The Phenol Oxidation Reaction", *Catalysis Today*, 133-135.530-533.
- Sychev, M., Shubina, T., Rozwadowski, M., Sommen, A.P.B., Beer, V.H.J.D and Santen, R.A.V., 2000, "Characterization of microporosity of chromia-and titania-pillared montmorillonites differing in pillar density. I. Adsorption of Nitrogen", *Microporous and Mesoporous Material*, 37, 187-200.
- Unuabonah, E.I., Odebowale, K.O and Dawodu, F.A., 2008, "Equilibrium, Kinetic and Sorber Design Studies on the adsorption of Aniline Blue dye by Sodium Tetraborate-Modified Kaolinite Clay Adsorbent", *Journal of Hazardous Material* 157, 397-409.
- Vidal, H.P., Garcia, E.C., Alejandro, E.L, Hidalgo, J.M and Marquez, D.M.F., 2006, "Characterization of Pillared Clays containing  $\text{Fe}^{3+}$  and Cu", *Solar Energy Material & Solar Cells* 90, 841-846.
- Yang, R.T, 2003, "Adsorbents Fundamentals and Applications", John Wiley and Sons, USA.
- Yoesfile, 2007, "The Magic of Lempung (Ampo)", [www. WordPress.Com](http://www.WordPress.Com)
- , "Methyl Violet", [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) ,
- Yuliani H.R., 2009, "Pembuatan dan Karakterisasi ampo terpillar besi oksida [Kajian Hidrolisis Agen Pemilar (OH/Fe)]", Seminar Nasional Kejuangan teknik Kimia UPN, Yogyakarta.