

SINTESIS LEMPUNG TERINTERKALASI ANILIN DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI ADSORBEN FENOL

SYNTHESIS OF INTERCALATED ANILINE ON CLAY AND ITS UTILIZATION AS A PHENOL ADSORBENT

Hermania Em Wogo*, Febri Odel Nitbani, Putra J.P. Tjitda
 Jurusan Kimia FST Universitas Nusa Cendana
 Jl. Adisucipto Penfui, Kupang, NTT
 Corresponding author: hermania_wogo@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis lempung terinterkalasi anilin dan pemanfaatannya sebagai adsorben fenol. Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik lempung terinterkalasi anilin dan kemampuannya dalam mengadsorpsi fenol. Penelitian meliputi preparasi lempung, pembuatan Na-Lempung dan sintesis lempung terinterkalasi anilin. Produk yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan spektroskopi *Fourier Transform-Infrared* (FTIR), difraksi sinar-X (XRD) dan luas permukaan menggunakan metode metilen biru. Selanjutnya produk tersebut digunakan untuk mengadsorpsi fenol. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan serapan NH pada $3430,22\text{ cm}^{-1}$, serapan CN pada $2358,01\text{ cm}^{-1}$ dan terdapat beberapa gugus yang tetap dipertahankan pasca interkalasi. Analisa XRD menunjukkan bahwa interkalasi anilin menurunkan *basal spacing* $4,81\text{ Å}$ untuk lempung alam menjadi $4,47\text{ Å}$ untuk lempung terinterkalasi anilin diikuti penurunan luas permukaan $816,46\text{ m}^2/\text{g}$ untuk lempung alam menjadi $789,63\text{ m}^2/\text{g}$ pada lempung terinterkalasi anilin. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa lempung terinterkalasi anilin dapat mengadsorpsi fenol dengan baik dibandingkan lempung alam. Hal ini sejalan dengan nilai kapasitas adsorpsi fenol oleh lempung terinterkalasi anilin yaitu $100,00\text{ }\mu\text{mol/g}$ yang lebih besar dari lempung alam ($71,43\text{ }\mu\text{mol/g}$).

Kata Kunci: lempung, anilin, interkalasi, adsorpsi.

ABSTRACT

A research about intercalated aniline synthesis on clay and its utilization as a phenol adsorbent has been done. The aim of the study is to investigate the characteristics of aniline-intercalated clay and its ability to adsorb phenol. This study comprised of clay preparation, Na-Clay manufacturing and aniline-intercalated clay synthesis. The resulting products were then characterized using Fourier-Transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD) and surface area using the methylene blue method. The resulting product was used to adsorb phenol. Characterization using IR showed the presence of NH absorption at 3430.22 cm^{-1} , CN absorption at 2358.01 cm^{-1} and some groups which were still retained after intercalation. XRD analysis showed that the intercalation of aniline decreased the basal spacing of 4.81 Å for natural clay to 4.47 Å for aniline-intercalated clay and followed by a reduction in the surface area from $816.46\text{ m}^2/\text{g}$ for natural clay to $789.63\text{ m}^2/\text{g}$ for aniline-intercalated clay. These results indicated that the aniline-intercalated clay can be used to adsorb phenol better than by using natural clay. This is also in coherent with the adsorption capacity of phenol by aniline-intercalated clay to $100.00\text{ }\mu\text{mol/g}$, which was greater than natural clay ($71.43\text{ }\mu\text{mol/g}$).

Keywords: clay, aniline, intercalation, adsorption.

PENDAHULUAN

Potensi lempung yang ada di Indonesia sangat melimpah dan kurang lebih 951.175.200m³ tersebar di seluruh wilayah Nusa Tenggara Timur. Kabupaten Sabu adalah salah satu daerah yang kaya akan lempung dengan kandungan SiO₂ mencapai 52-54% berwarna abu-abu kehitaman, liat dan kaya akan mineral montmorilonit (Anonim, 2010).

Kelimpahan lempung tersebut tidak diikuti pemanfaatannya secara optimal, dimana oleh masyarakat setempat hanya digunakan sebagai bahan timbunan jalan dan pekarangan rumah. Oleh karena itu sangat diperlukan upaya mengolah lempung menjadi bahan baru yang lebih berguna.

Lempung merupakan salah satu komponen tanah yang tersusun atas senyawa alumina silikat dengan ukuran partikel yang lebih kecil dari 2 µm. Struktur dasarnya merupakan filosilikat atau lapisan silikat yang terdiri dari lembaran tetrahedral silisium-oksigen dan lembaran oktahedral aluminium-oksigen-hidroksida yang biasa disebut sebagai montmorilonit (Lestari, 2002).

Muatan negatif permukaannya berasal dari pemutusan ikatan di sekitar sudut satuan alumino-silikat dan substitusi isomorfik di dalam *interlayer* misalnya substitusi Al³⁺ untuk Si⁴⁺ dalam lembaran tetrahedral atau Mg²⁺ untuk Al³⁺ dalam lembaran oktahedral menghasilkan muatan yang tidak seimbang pada satuan struktur

montmorilonit. Ketidakseimbangan ini merupakan penyebab peningkatan kemampuan adsorpsi kation seperti Na⁺ dan Ca²⁺. Sifat inilah yang menyebabkan montmorilonit dapat digunakan sebagai adsorben, katalis dan penukar kation (*cation exchange*) (Xi, 2006).

Salah satu pemanfaatan montmorilonit yakni sebagai agen *removal* senyawa organik toksik dan mengurangi dispersi polutan dalam air, tanah dan udara di lingkungan (Bergaya *et al.*, 2006). Namun penggunaan montmorilonit secara alami kurang efektif oleh karena adanya kation anorganik yang memiliki sifat elektropositif sehingga cenderung menarik molekul air membentuk hidrat yang membuat sifat permukaannya hidrofilik dan juga ukuran kation yang kecil menyebabkan jarak antar lapis aluminosilikat rendah. Akibatnya tidak cocok digunakan langsung untuk berinteraksi dengan molekul organik yang bersifat hidrofobik, oleh karena itu diperlukan modifikasi permukaan (Xi, 2006).

Modifikasi montmorilonit yang sering dilakukan yaitu interkalasi. Interkalasi merupakan penyisipan suatu molekul ke dalam ruang antar lapis dengan tetap mempertahankan struktur berlapisnya. Upaya modifikasi permukaan montmorilonit menggunakan molekul Trietilamina (TEA), Tripropilamina (TPA), dan Trioktilamina (TOA) berhasil dilakukan yang ditunjukkan adanya kenaikan *basal spacing* dari 12,2 Å menjadi 14,2 Å, 15,1 Å, 19,5 Å secara berturut-turut untuk TEA,

TPA dan TOA (Mansor *et al.*, 2009). Arellano *et al.* (2005) melaporkan montmorilonit alam dapat digunakan sebagai adsorben fenol dan diklorofenol. Namun kemampuan adsorpsi kurang maksimal oleh karena sifat montmorilonit yang mudah menyerap air sehingga kurang stabil dalam menyerap fenol dan diklorofenol. Hal inilah yang menjadi alasan bagi peneliti untuk mencari alternatif kationik organik lain yang diharapkan dapat efektif mengadsorpsi senyawa organik toksik yakni fenol.

Fenol (C_6H_5OH) merupakan monohidroksida turunan benzena dan bersifat anionik di dalam larutan air. Keberadaan fenol dalam air dapat menyebabkan pencemaran, karena jika dikonsumsi fenol dapat terakumulasi di dalam tubuh dan bersifat racun. Selain itu fenol juga dapat terdegradasi menjadi senyawa lain seperti diklorofenol yang bahkan lebih reaktif. Konsentrasi standar maksimal yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan RI untuk fenol adalah 0,001 mg/L.

Berdasarkan uraian yang telah diberikan pada penelitian ini, telah dilakukan interkalasi anilin pada permukaan montmorilonit. Pada penelitian ini juga telah dipelajari karakter lempung terinterkalasi anilin, kemudian adsorben yang diperoleh akan digunakan untuk mengkaji adsorpsi isotermis fenol.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknik Undana. Analisis FTIR dan XRD dilakukan di Laboratorium Kimia UNS. Peralatan yang digunakan adalah alat gelas, ayakan 200 mesh, oven, pengaduk magnetik, neraca analitik, pompa vakum, sentrifus *clements GS 150*, FTIR, XRD (*X-ray diffraction*), dan Spektrofotometer UV-Vis *spectronic 20 Genesys*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lempung alam yang diambil dari Desa Raidewa, Kecamatan Sabu Barat, Kabupaten Sabu, Provinsi Nusa Tenggara Timur, Anilin (E.Merck), HCl (E.Merck), NaCl (E.Merck), $AgNO_3$ (E.Merck), akuabides, metilen biru, dan fenol (E.Merck).

Cara Kerja

Penyiapan sampel

Lempung alam diayak menggunakan ayakan 200 mesh, kemudian dicuci dengan akuades perbandingan (1:15) selanjutnya disaring menggunakan penyaring vakum dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 110-120 °C selama 5 jam. Lempung kering yang diperoleh dari proses tersebut kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh selanjutnya dianalisis menggunakan FTIR dan XRD.

Preparasi lempung Na-lempung

Sebanyak 20 gram lempung montmorilonit didispersikan ke dalam 350

mL larutan NaCl 1 M. Suspensi diaduk dengan pengaduk magnetik selama 24 jam pada suhu 70 °C. Larutan natrium klorida tersebut setiap hari diganti dengan yang baru (*fresh*) selama 1 minggu. Sedimen dipisahkan dari suspensinya dengan cara dekantasi. Hasil penjuanan lempung dengan NaCl 1 M tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam 250 mL NaCl 6 M sambil diaduk selama 24 jam. Sedimen dipisahkan dari suspensinya secara dekantasi. Sedimen dicuci dengan akuades untuk menghilangkan sisa ion klorida yang ditunjukkan dengan uji negatif terhadap larutan AgNO₃ 1 M. Lempung yang sudah dicuci selanjutnya dikeringkan pada suhu 100 °C. Lempung kering ini diayak menggunakan ayakan 200 mesh kemudian diberi kode Na-lempung dan dianalisis menggunakan XRD.

Sintesis lempung terinterkalasi anilin

Lempung terinterkalasi anilin dipersiapkan dengan melarutkan 2,2 mL HCl pekat dan 2,41 mL anilin pekat diencerkan dengan akuabides hingga 100 mL dan 5 gram Na⁺-lempung didispersi di dalam 200 mL air panas. Larutan pertama dituangkan kedalam lempung-air dan diaduk selama 1 jam. Endapan putih disaring dengan pompa vakum dan dicuci beberapa kali dengan akuabides panas hingga bebas ion klorida. Kemudian, endapan dikeringkan dalam oven pada 80 °C selama 5 jam. Setelah kering montmorilonit termodifikasi tersebut

digerus dan diayak, kemudian dianalisis dengan FTIR, XRD dan luas permukaan dengan menggunakan metode metilen biru.

Adsorpsi fenol oleh lempung alam dan lempung terinterkalasi anilin

Lempung alam dan lempung terinterkalasi anilin masing-masing diuji kemampuan adsorpsinya terhadap limbah organik yakni fenol. Sebanyak 20 mg adsorben dimasukan kedalam 8 buah wadah yang berisi masing-masing 25 mL larutan fenol dengan konsentrasi 1, 5, 15, 25, dan 50 mg/L. Campuran tersebut diaduk dengan pengaduk magnet selama 60 menit dan disentrifugasi selama 30 menit. Hasil yang diperoleh disaring dan filtrat yang diperoleh dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (240-300 nm). Kemudian ditentukan kapasitas adsorpsi fenol oleh adsorben.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Na-lempung

Pembuatan Na-lempung disiapkan dengan mendispersikan lempung alam hasil preparasi dengan 350 mL larutan NaCl 1 M selama 24 jam sambil dipanaskan pada suhu 70 °C. Pemanasan yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kemungkinan terjadinya tumbukan antara ion Na⁺ dengan muatan negatif lempung. Pencampuran tersebut dilakukan secara kontinu selama 1 minggu

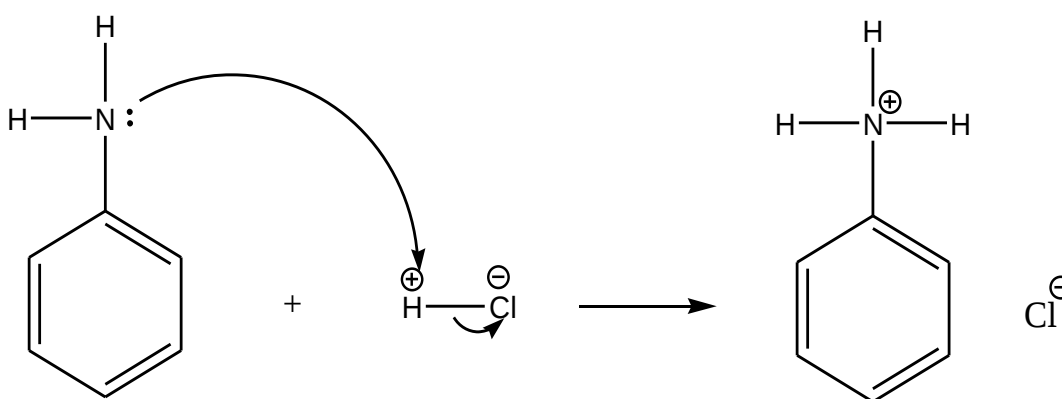
dimana setiap harinya larutan NaCl diganti dengan larutan yang baru agar dapat mengaktifkan ruang antar lapis lempung. Hal ini disebabkan ion Na^+ yang terdispersi dalam pelarut air akan membentuk ion kompleks heksaakuonatrium(I), $\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_6]^+$. Ion kompleks ini memiliki ukuran yang besar sehingga mampu membuka ruang antar lapis montmorilonit dan memudahkan reaksi pertukaran ion Na^+ dengan kation-kation yang ada pada montmorilonit setelah penjuhan dengan 250 mL NaCl 6 M.

Ion Na^+ mengalami pertukaran kation dengan kation M^{n+} seperti K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang berada pada ruang antar lapis alumina silikat (Wijaya *et al.*, 2004), selain itu pembuatan Na-lempung dimaksudkan untuk memperoleh homogenitas kation yakni kation Na^+ pada ruang antar lapis.

Pembuatan lempung terinterkalasi anilin

Proses interkalasi diawali dengan pembuatan amina kuartener melalui pengasaman menggunakan HCl pekat yang disebut sebagai kuartenerisasi amina. Kuartenerisasi amina dibuat dengan mencampurkan sebanyak 2,41 mL larutan anilin pekat dengan 2,2 mL HCl pekat yang diencerkan dalam 100 mL akuades. Reaksi kuartenerisasi amina yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 1.

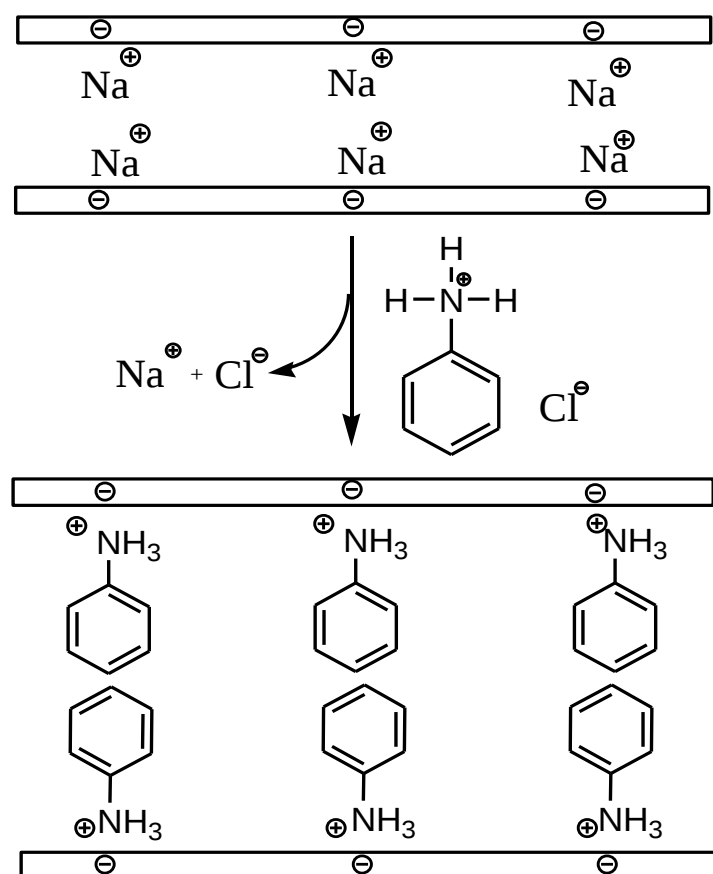
Pada reaksi yang terjadi dapat dilihat molekul anilin atau molekul benzena yang memiliki substituen gugus amina pada atom N memiliki pasangan elektron menyendiri yang memiliki kecenderungan untuk menyerang atom H yang bermuatan parsial positif pada molekul HCl dan membentuk suatu garam anilium.



Gambar 1. Reaksi kuartenerisasi senyawa anilin

Garam anilinium yang telah diperoleh dari kuarterisasi anilin selanjutnya diinterkalasi pada ruang antar lapis Na-lempung yang mana proses interkalasi dipersiapkan dengan mendispersikan 5 gram Na-lempung ke dalam 200 mL air panas menghasilkan suspensi Na-lempung. Pembuatan suspensi ini dimaksudkan agar dapat membuka atau mengekspansi ruang antar lapis alumina silikat. Hal ini disebabkan ion Na^+ yang

berada di ruang antar lapis memiliki sifat hidrofilik menyebabkan adanya kecenderungan untuk menarik molekul-molekul H_2O sehingga meningkatkan energi hidrasi dan akhirnya dapat memberikan ruang untuk proses interkalasi dengan molekul anilium. Adapun penjelasan reaksi ini dapat dilukiskan dalam perkiraan reaksi pada Gambar 2.



Gambar 2. Perkiraan reaksi interkalasi anilinium dengan Na-lempung

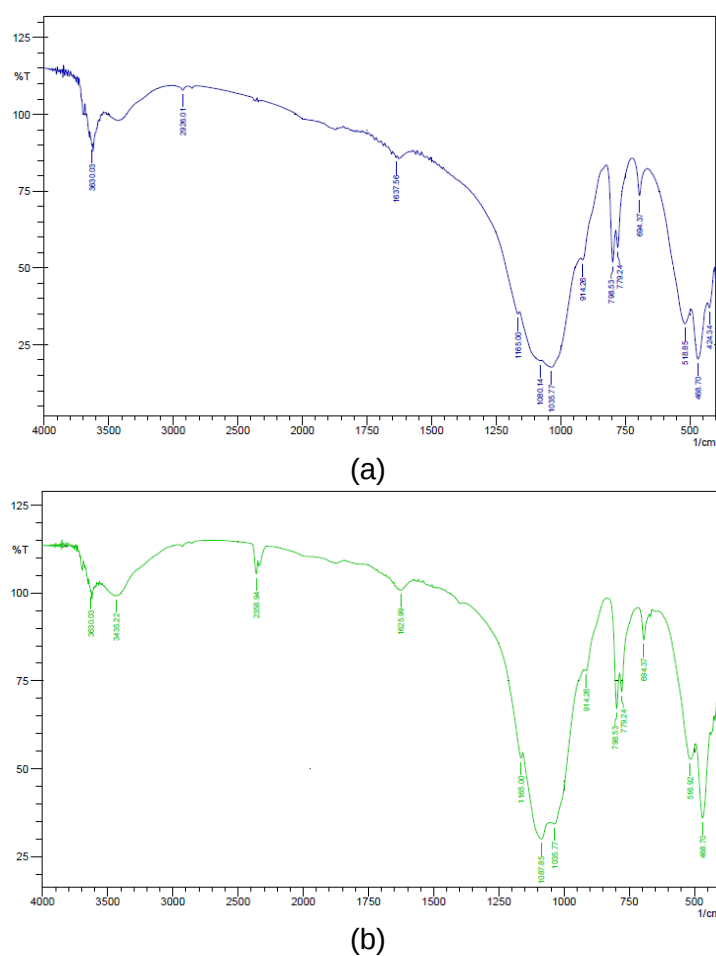
Reaksi yang terjadi di atas memperlihatkan adanya ion anilium menggantikan ion Na^+ yang berada pada ruang antar lapis alumina silikat dan terikat pada sisi siloksan pada struktur silikat tetrahedral yang bermuatan negatif. Keberadaan molekul-molekul anilium ini memberikan kontribusi pada perubahan sifat antar lapis dari alumino silikat dimana awalnya adanya ion Na^+ mampu menarik molekul H_2O membentuk hidrat dan memberikan sifat hidrofilik berubah menjadi hidrofobik akibat adanya molekul anilium yang mana gugus fenil berperan sebagai pilar pada antar lapis atau

membentuk keteraturan model monolayer sehingga meningkatkan efisiensi mengadsorpsi molekul adsorbat organik nonpolar.

Karakterisasi lempung alam, Na-lempung dan lempung terinterkalasi anilin

Spektra inframerah

Spektra inframerah untuk lempung alam, dan lempung terinterkalasi anilin ditunjukkan pada Gambar 3. Sedangkan hasil interpretasi spektra FTIR lempung alam maupun lempung terinterkalasi anilin dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Spektra FTIR (a) lempung alam dan (b) lempung terinterkalasi anilin

Tabel 1. Interpretasi spektra FTIR lempung alam (LA) dan lempung terinterkalasi anilin (LTA)

No	Frekuensi daerah serapan (cm^{-1})		Gugus Fungsional
	Hasil Analisis	Interpretasi	
1	3630,03 (LA) dan (LTA)	3650–3200 4000–3000	Gugus –OH regang (Sastrohamidjojo, 2001) Gugus OH oktahedral (Wijaya <i>et al.</i> , 2002)
2	3430,22 (LTA)	3750–3000	Vibrasi NH ulur (Fessenden, 1999)
3	2926,01 (LA)	2960–2850	Vibrasi –CH ₂ ulur
4	2358,94 (LTA)	2500–2000	Vibrasi CN ulur
5	1637,56 (LA) dan 1625,99 (LTA)	1640–1625	Gugus –OH tekuk
6	1035,77 (LA) dan (LTA)	1039,6 1082 1041,5	Renggangan asimetris O-Si-O (Wijaya <i>et al.</i> , 2002) Vibrasi ulur Si-O (Sastrohamidjojo, 2001) Vibrasi Si-O (Kurniawan, 2002)
7	914,26 7 (LA) dan (LTA)	916,1	Montmorillonit dan vibrasi tekuk O-Al-O (Aryanti <i>et al.</i> , 2002)
8	798,537 (LA) dan (LTA)	794,6	Karakteristik SiO ₂ (Kurniawan, 2002)
9	518,85 (LA) dan 516,92 (LTA)	522,7	Vibrasi renggangan Mg-O (Wijaya <i>et al.</i> , 2002)
10	468,7 (LA) dan (LTA)	470,6	Vibrasi tekuk Si-O (Wijaya <i>et al.</i> , 2002)
11	424,3'4 (LA)	300–500	Intensitas kuat dari unsur logam (Sastrohamidjojo, 2001)

Berdasar spektra FTIR yang ada pada Gambar 3 untuk lempung alam pada panjang gelombang 468,70 cm^{-1} menunjukkan vibrasi tekuk Si-O pada lapisan tetrahedral dan juga vibrasi ulur Si-O juga terlihat pada 1035,77 cm^{-1} . Pita pada bilangan gelombang 798,54 cm^{-1} merupakan karakteristik mineral kuarsa (SiO₂). Mineral-mineral yang berada pada ruang antar lapis struktur alumina silikat seperti Mg²⁺ dan Fe³⁺ berupa hidroksida logam nampak pada bilangan gelombang 518,85 cm^{-1} memberikan vibrasi regangan Mg-O (Wijaya *et al.*, 2002).

Pada pita bilangan gelombang 3630,03 cm^{-1} menunjukkan vibrasi gugus –OH yang terikat pada sisi oktahedral alumina silikat

(Wijaya *et al.*, 2002). Sedangkan pada bilangan gelombang 1637,56 cm^{-1} menggambarkan vibrasi tekuk dari molekul air. Pada bilangan gelombang 2926,01 cm^{-1} untuk lempung alam terlihat vibrasi –CH₂ yang mungkin berasal dari bahan organik pengotor yang masih tertinggal pada struktur alumina silikat.

Spektra FTIR dari lempung terinterkalasi anilin (b) tidak menunjukkan perubahan serapan infra merah yang signifikan. Namun pada bilangan gelombang 3430,22 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi NH ulur dan 2358,94 cm^{-1} yang merupakan serapan CN ulur. Adapun serapan gelombang 2926,01 cm^{-1} tidak terlihat lagi pasca proses interkalasi,

hal ini dimungkinkan bahan organik pengotor telah hilang karena proses pemanasan (proses pengeringan menggunakan oven) atau telah hilang selama proses pencucian.

Berdasarkan data spektra inframerah tersebut belum dapat diindikasikan secara jelas apakah molekul anilin terinterkalasi ke dalam ruang antar lapis atau pada permukaan montmorilonit, namun terdapatnya serapan NH dan CN di dalam lempung termodifikasi ini mengindikasikan telah terjadi pertukaran kation Na^+ dengan kation anilium.

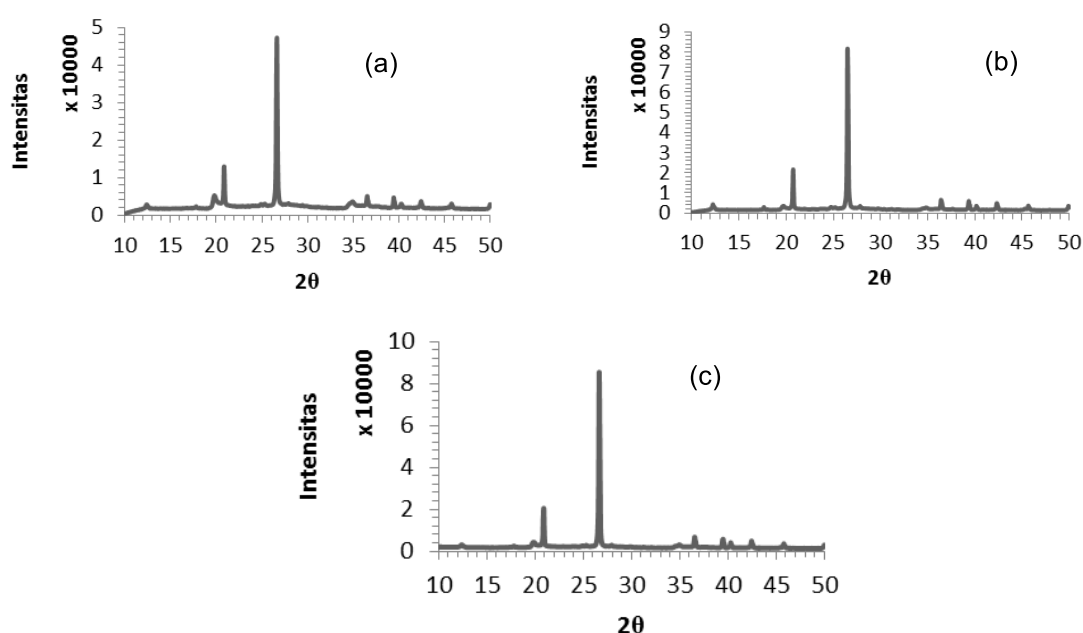
Difraksi Sinar-X

Pengujian pada Difraksi Sinar-X lempung dilakukan pada $2\theta: 10-50^\circ$ menggunakan sumber radiasi $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 0,154 \text{ nm}$).

Interpretasi difraktogram lempung dengan merubah data 2θ menjadi nilai d dengan perhitungan menggunakan persamaan Bragg.

Adapun pola difraktogram difraksi sinar-X lempung alam, Na-Lempung dan lempung terinterkalasi ditampilkan pada Gambar 4. Berdasarkan grafik difraktogram dalam gambar tersebut terlihat tidak menunjukkan perubahan yang signifikan terhadap Na-lempung maupun lempung terinterkalasi. Hal ini nampak pada Tabel 2 jarak antar bidang ($d \text{ spacing}$).

Pada Tabel 2 tersebut terlihat adanya sedikit kenaikan nilai $d \text{ spacing}$ untuk Na-lempung. Perubahan ini dapat diindikasikan terjadinya pertukaran ion Na^+ dengan ion-ion yang ada pada lempung.



Gambar 4. Difraktogram (a) lempung alam, (b) Na-Lempung dan (c) lempung terinterkalasi anilin

Tabel 2. *Basal spacing* dari data Difraksi Sinar-X

Senyawa	<i>Basal spacing</i> (d) (Å)
Lempung alam	4,481
Na-Lempung	4,492
Lempung terinterkalasi anilin	4,469

Selanjutnya untuk lempung terinterkalasi terjadi penurunan nilai *d spacing*. Secara teoritis hal ini merupakan suatu kejanggalan seharusnya terjadi kenaikan nilai *d spacing* pasca interkalasi anilin ke dalam ruang antar lapis disebabkan adanya molekul interkalan yang akan menyokong ruang antar lapis alumina silikat. Kejanggalan ini dimungkinkan telah terjadinya pertukaran kation antara ion Na^+ pada lempung dengan ion anilium dari kation organik dimana pertukaran kation yang terjadi tidak memperlebar jarak antar bidang lempung tetapi dimungkinkan bahwa pertukaran kation tidak terjadi pada ruang antar lapis tetapi hanya pada permukaan lempung saja.

Luas permukaan

Penentuan luas permukaan pada lempung alam, Na-Lempung serta lempung terinterkalasi anilin dilakukan dengan metode metilen biru. Adapun hasil

penentuan luas permukaan ditunjukan pada Tabel 3. Pada data Tabel 3 terlihat luas permukaan untuk lempung alam > Na-lempung > lempung terinterkalasi anilin. Penurunan luas permukaan pada Na-lempung mengindikasikan telah terjadinya pertukaran kation Na^+ oleh kation-kation seperti K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang berada pada ruang antar lapis alumina silikat (Wijaya *et al.*, 2004). Selanjutnya untuk lempung terinterkalasi anilin juga mengalami penurunan luas permukaan yang diakibatkan adanya molekul anilin yang lebih besar dari kompleks hidrat kation Na^+ yang berada pada ruang antar lapis alumina silikat menyebabkan penghambatan masuknya molekul metilen biru yang mana terlihat pada nilai x/m (mg/g) yang kecil sehingga menyebabkan luas permukaannya juga lebih kecil.

Tabel 3. Data luas permukaan lempung alam, Na-Lempung dan lempung terinterkalasi anilin

No	Adsorben	Absorbansi	x/m (mg/g)	S (m ² /g)
1	Lempung alam	0,67	219,87	816,46
2	Na-Lempung	0,70	218,62	810,82
3	Lempung Terinterkalasi Anilin	0,83	212,90	789,63

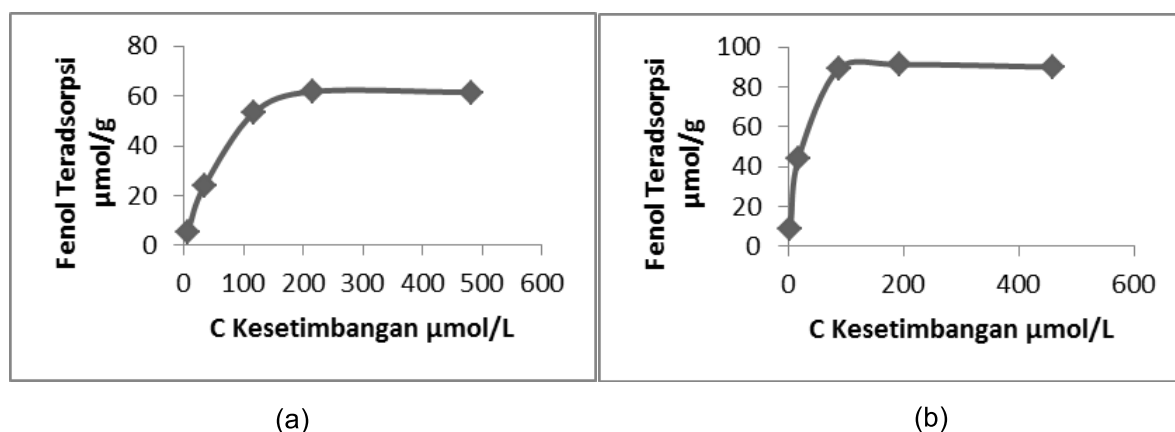
Kajian isoterm adsorpsi fenol

Adsorben yang berasal dari lempung alam dan lempung terinterkalasi anilin yang dihasilkan kemudian diuji kemampuannya dalam mengadsorpsi limbah organik yaitu fenol. Grafik pola isoterm adsorpsi dari kedua adsorben yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 terlihat pola isoterm adsorpsi fenol oleh lempung alam dan lempung terinterkalasi anilin mengikuti pola isoterm Langmuir. Hal ini terlihat dimana kenaikan konsentrasi fenol juga diikuti meningkatnya jumlah fenol yang teradsorpsi oleh adsorben hingga pada konsentrasi tertentu jumlah fenol yang teradsorpsi relatif tetap. Oleh karena itu, penentuan kapasitas adsorpsi fenol oleh kedua adsorben dapat dihitung menggunakan persamaan isoterm Langmuir.

Berdasarkan data penelitian dibuat grafik $C/(x/m)$ terhadap C sehingga memberikan beberapa parameter isoterm adsorpsi Langmuir yang ditunjukkan pada

Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4 terlihat terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi $((x/m)_{maks})$ oleh lempung terinterkalasi anilin dibanding lempung alam. Hal ini disebabkan pada lempung terinterkalasi anilin tidak hanya ada gugus Si-O-Si pada sisi silikat tetrahedral tetapi adanya molekul anilin pada ruang antar lapis memberikan kontribusi interaksi hidrofobik yang meningkat terhadap adsorbat akibatnya jumlah fenol yang teradsorpsi pada lempung terinterkalasi anilin lebih banyak dibanding lempung alam yang mana masih adanya molekul H_2O dan kation-kation anorganik yang bersifat hidrofilik. Dari data adsorpsi juga terlihat pada lempung terinterkalasi anilin memiliki energi sebesar 24,39 kJ/mol. Hal ini menunjukkan peristiwa adsorpsi fenol oleh lempung terinterkalasi anilin merupakan peristiwa kemisorpsi (Adamson, 1990). Oleh karena itu, dapat dikatakan interkalasi anilin pada lempung mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi fenol.



Gambar 5. Pola isoterm adsorpsi fenol oleh: (a) lempung alam dan (b) lempung terinterkalasi anilin

Tabel 4. Parameter isoterm adsorpsi Langmuir

Adsorben	Parameter isoterm adsorpsi Langmuir			
	$(x/m)_{\text{maks}}$ ($\mu\text{mol/g}$)	K (L/mol)	E (kJ/mol)	r
Lempung alam	71,43	17654,4	26,76	0,99
Lempung terinterkalasi anilin	100,00	45662,1	24,39	0,99

KESIMPULAN

Modifikasi pada lempung alam melalui spektra inframerah belum dapat menjelaskan terjadinya interkalasi pada ruang antarlapis lempung, namun adanya serapan NH ulur pada $3430,22 \text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi CN ulur pada $2358,01 \text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan telah terjadinya pertukaran kation antara ion Na^+ dengan molekul anilium. Interkalasi anilin tidak meningkatkan *basal spacing* tetapi menjadi turun dari $4,48 \text{ \AA}$ untuk lempung alam menjadi $4,47 \text{ \AA}$ untuk lempung terinterkalasi anilin dan diikuti penurunan luas permukaan $816,46 \text{ m}^2/\text{g}$ untuk lempung alam menjadi $789,63 \text{ m}^2/\text{g}$ pada lempung terinterkalasi anilin. Modifikasi lempung menggunakan anilin mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi fenol yakni $100,00 \mu\text{mol/g}$ untuk lempung terinterkalasi anilin dibanding lempung alam sebesar $71,43 \mu\text{mol/g}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W., 1990, *Physical Chemistry of Surface*, fifth edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Arellano, S., Gallardo, T., Osorio, G., Lopes, S., dan Gomez, B., 2005, Adsorption of Fenol and Dichlorofenols From Aqueous Solution by Porous Clay Heterostructure (PCH), *J. Mex. Chem. Soc.*, No. 49, 287-297.
- Bergaya, F., Theng, B. K. G., dan Lagaly, G., 2006, *Clays in Industry*, Handbook of Clay Science, Elsevier, Amsterdam.
- Carmody, O., Frost, R., Xi Y F dan Kokot, S., 2007, Adsorption of Hidrocarbon On Organo-clay Implication For Oil Spill Remediation, *J Colloid Interface Sci.* 305 No 17-24.
- Fessenden, R. J., dan Fessenden, J. S., 1999, *Kimia Organik Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Kurniawan, dan Cepi., 2002, *Kajian Kinerja Bentonit Sebagai Adsorben Zat Warna Sintetis Dalam Limbah Tekstil*, Skripsi, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Lestari, S., 2002, *Preparasi Lempung Terpilir Sebagai Katalis*, Tesis, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Mansor, B. A., Wisam, H. H., Nor, A. B. I., dan Emad, A., 2009, Modification of Montmorillonit by New Surfactant, *Journal of Engineering and Applied Science*, No. 4, 184-188.

Sastrohamidjojo, 2001, *Spektroskopi*.
Liberti, Yogyakarta.

Wijaya, K., Tahir, I., dan Baikuni, A., 2002.
Sintesis Lempung Terpillar Cr_2O_3 dan
Pemanfaatannya Sebagai Inang Senyawa
p-nitroanilin, *Indonesia Journal of*
Chemistry, Vol. 2, No. 2, 11 – 19.

Wijaya, K., Sugiharto, E., Mudasir, Tahir,
I., dan Liawati, I., 2004, Sintesis Komposit
Oksida-Besi Montmorilonit dan Uji
Stabilitas Strukturnya Terhadap Asam
Sulfat, *Indonesian Journal of Chemistry*,
Vol. 4, 33-42.

Xi, Y., 2006, *Synthesis, Characterisation*
and Application of Organoclays, Thesis,
Queensland University of Technology.