

## ADSORPTION OF GIBBERELIC ACID ONTO NATURAL KAOLIN FROM TATAKAN, SOUTH KALIMANTAN

### *Adsorpsi Asam Giberelin pada Kaolin Alam asal Tatakan, Kalimantan Selatan*

Sunardi<sup>1\*</sup>, Yateman Arryanto<sup>2</sup>, and Sutarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Lambung Mangkurat University, Jl. A. Yani Km. 35,8 Banjarbaru 70714

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Jalan Kaliurang, Yogyakarta 55281

Received May 15, 2009; Accepted June 24, 2009

### ABSTRACT

Adsorption of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) onto raw and purified kaolin from Tatakan, South Kalimantan was investigated in this study. Purification process was done by sedimentation to obtain relative pure kaolinite. Raw and purified kaolin samples were characterized by Fourier transformed infrared (FTIR) spectroscopy and X-ray diffractometer (XRD). The adsorption process was carried out in a batch system and the effect of pH, contact time and GA<sub>3</sub> concentration were experimentally studied to evaluate the adsorption capacity. The amount of GA<sub>3</sub> adsorbed was determined by UV spectrophotometer. The result showed that the raw kaolin from South Kalimantan consist of 53.36% kaolinite, 29.47% halloysite, 4.47% chlorite, 11.32% quartz and 1.38% christobalite and the purified kaolin consist of 73.03% kaolinite, 22.6% halloysite, 0.77% chlorite, 1.37% quartz and 2.23% christobalite. Adsorption experimental indicate that the optimum adsorption took place at pH 7 and contact time for 4 h. Adsorption of GA<sub>3</sub> was described by the Langmuir adsorption isotherm model with adsorption capacity of 8.91 mg/g on raw kaolin and 10.38 mg/g on purified kaolin.

**Keywords:** kaolin, gibberellic acid, adsorption

### PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknik imobilisasi dalam bidang pertanian pada berbagai material (matriks) pembawa telah banyak dilakukan untuk meningkatkan efektivitas penggunaan beberapa jenis mikroorganisme pengikat nitrogen [1] dan juga zat pengatur tumbuh (ZPT) misalnya *triacontanol* dan *brasinoesteroides* [2] dalam peranannya sebagai pupuk biologi (*biofertilizer*) sebagai alternatif pengganti pupuk kimia sehingga lebih ekonomis dan ramah lingkungan [3]. Teknik imobilisasi memiliki beberapa keuntungan antara lain metode aplikasi yang mudah dan murah [4], mengurangi penggunaan pupuk secara berlebihan [5] serta mampu menjaga aktivitas dari substrat terimobil agar tetap berfungsi penuh [6].

Asam giberelin (C<sub>19</sub>H<sub>22</sub>O<sub>6</sub>) atau 2,4a,7-Trihydroxy-1 methyl-8-methylenegibb-3-ene-1,10-dicarboxylic acid yang biasa disebut GA<sub>3</sub> merupakan salah satu zat pengatur tumbuh tanaman yang sangat berpengaruh terhadap sifat genetik (*genetic dwarism*), pembungaan, penyinaran, *parthenocarp*, mobilisasi karbohidrat selama perkecambahan (*germination*) dan aspek fisiologi lainnya. Giberelin mempunyai peranan penting dalam mendukung perpanjangan sel (*cell elongation*),

aktivitas kambium dan mendukung pembentukan RNA baru serta sintesis protein. Asam giberelin merupakan senyawa yang sedikit larut dalam air (5g/L pada 20 °C) tetapi mudah larut dalam alkohol, dan dalam bentuk larutan mudah terhidrolisis terutama pada pH basa serta temperatur di atas temperatur kamar [7].

Menurut penelitian Crane [8], asam giberelin mempunyai peranan yang lebih efektif dibanding auksin dalam terjadinya *parthenocarp* pada tanaman blueberry, sehingga lebih efektif untuk menghasilkan tanaman tanpa biji serta meningkatkan daging buah. Selain itu giberelin juga berperan penting dalam proses pematangan buah, yaitu mampu mengundurkan waktu pematangan (*ripening*) serta pemasakan (*maturing*) buah. Giberelin berperan penting dalam memacu pembungaan dan perkecambahan biji dengan jalan mematahkan dormansi tunas dan biji [7].

Pemanfaatan material pembawa untuk mengimobilisasi zat pengatur tumbuh (ZPT) di satu sisi dapat meningkatkan efektivitas penggunaan ZPT dan di sisi lain mampu mempertahankan stabilitas senyawa sehingga aktivitasnya dapat dipertahankan. Material pembawa (*carrier material*) yang akan dipergunakan sebagai matriks pengimobil harus mempunyai beberapa persyaratan antara lain mempunyai kekuatan

\* Corresponding author. Tel/Fax : +62-5114772428  
Email address : sunardi\_unlam@yahoo.co.id

mekanik cukup tinggi, resisten terhadap mikroba, stabil terhadap temperatur, mempunyai ketahanan terhadap kemikal, murah, fungsional secara kimia serta mempunyai kapasitas adsorpsi cukup tinggi [9]. Proses imobilisasi senyawa dapat dilakukan melalui empat metode, yaitu adsorpsi senyawa pada material pembawa, penjebakan senyawa pada matriks gel tak larut termasuk mikro kapsul, pengikatan senyawa pada misel kering serta pertukaran ion antara senyawa dan material pembawa [10]. Imobilisasi melalui metode adsorpsi fisika sampai saat ini merupakan metode yang paling sering dilakukan karena prosesnya yang relatif mudah dan paling murah. Dalam metode ini, gaya interaksi yang terjadi antara material pembawa dan senyawa dapat merupakan ikatan hidrogen, gaya van der Waals dan atau interaksi hidrofobik [11].

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kaolin alam yang berasal dari Tatakan, Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan, asam giberelin (Merck), etanol absolut (Merck), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (teknis).

### Alat

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain spektrofotometer FTIR (Shimadzu PRESTIGE-21), difraktometer sinar-X (Shimadzu XRD-6000), spektrofotometer *UV-Visible* (Shimadzu 1661), *rotary shaker*, alat gelas, *hot plate*, pH meter, *Ultrasonic Batch* (Bransonic 220) dan Oven (*Fischer Scientific*).

### Prosedur Kerja

#### Purifikasi Kaolin

Sebanyak 100 g kaolin alam lolos ayakan 200 mesh dimasukkan ke dalam 1000 mL akuades sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama 3 sampai 4 jam. Sejumlah larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam campuran, diaduk selama semalam dan kemudian dibiarkan sehingga kaolin mengendap lalu bagian atas didekantir dan dicuci sehingga bebas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Langkah selanjutnya adalah menambahkan kembali akuades pada padatan dan diaduk menggunakan pengaduk magnet, dipindahkan ke dalam *ultrasonic batch* agar terjadi disagregasi selama sekitar 15 menit. Selanjutnya dilakukan pengadukan kembali selama beberapa saat dan kemudian dibiarkan selama waktu tertentu, larutan bagian atas diambil dengan metode sifoning dan kemudian diuapkan sehingga diperoleh padatan kaolin hasil purifikasi.

Padatan sebelum dan sesudah proses purifikasi dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD.

#### Uji adsorpsi asam giberelin (GA<sub>3</sub>)

**Kajian pengaruh pH.** Sebanyak masing-masing 0,5 g kaolin sebelum purifikasi dan kaolin hasil purifikasi digunakan untuk mengadsorpsi 25 mL larutan GA<sub>3</sub> 300 ppm dengan pH awal diatur pada pH 4; 5; 6; 7; 9 dan 12 menggunakan 0,1 M HCl dan 0,1 M NaOH. Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan *rotary shaker* selama 24 jam. Banyaknya GA<sub>3</sub> yang tidak teradsorpsi diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV.

**Kajian pengaruh waktu kontak.** Sebanyak masing-masing 0,5 g kaolin sebelum purifikasi dan kaolin hasil purifikasi digunakan untuk mengadsorpsi 25 mL larutan GA<sub>3</sub> 300 ppm pada pH optimum dengan variasi waktu kontak 1; 2; 4; 6; 8 dan 24 jam menggunakan *rotary shaker*. Banyaknya GA<sub>3</sub> yang tidak teradsorpsi diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV.

**Penentuan kapasitas adsorpsi.** Sebanyak masing-masing 0,5 g kaolin sebelum purifikasi dan kaolin hasil purifikasi digunakan untuk mengadsorpsi 25 mL larutan GA<sub>3</sub> dengan variasi konsentrasi 100; 150; 200; 250 dan 300 ppm pada pH optimum. Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan *rotary shaker* dengan waktu kontak optimum sesuai dengan hasil sebelumnya. Banyaknya GA<sub>3</sub> yang tidak teradsorpsi diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV. Kapasitas adsorpsi ditentukan dengan menggunakan metode isoterm adsorpsi Langmuir.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

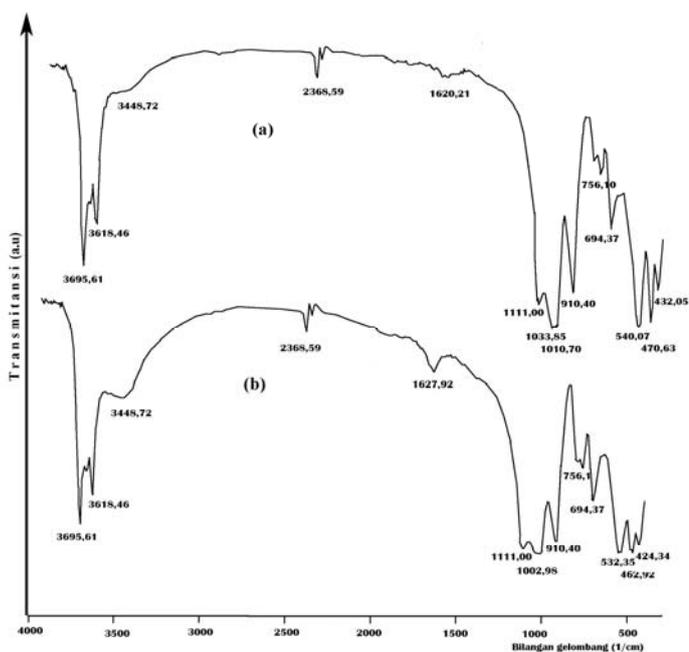
### Purifikasi Kaolin Alam

Suatu mineral dapat disebut sebagai lempung kaolin jika komposisi mineral kaolinit lebih dari 50% komposisi mineral yang ada [12]. Mineral kaolin dapat ditemukan di alam dalam bentuk kaolinit murni maupun mineral kaolin lain seperti haloisit, nakrit maupun dikrit serta mineral lempung lain seperti smektit, illit dan mika sebagai komponen utama serta feldspar dan kuarsa sebagai pengotor [13].

Data spektroskopi FTIR dari sampel kaolin sebelum dan sesudah purifikasi memberikan informasi mengenai jenis vibrasi gugus fungsional pada sampel dan juga menunjukkan keberadaan mineral lain serta adanya mineral-mineral pengotor dalam sampel. Jenis-jenis vibrasi yang khas secara kualitatif menunjukkan struktur kaolin dan tingkat kemurniannya. Spektra FTIR kaolin asal Tatakan sebelum dan sesudah purifikasi ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan serapan spektra inframerah tiap sampel yang cukup tajam pada daerah sekitar 500; 1000; 1600; dan 3400 hingga 3600  $\text{cm}^{-1}$ . Dari kedua spektra inframerah tersebut dapat diamati bahwa kedua spektra menunjukkan serapan yang secara umum tidak berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa kedua sampel memiliki gugus fungsional dan komposisi struktur penyusun yang relatif sama.

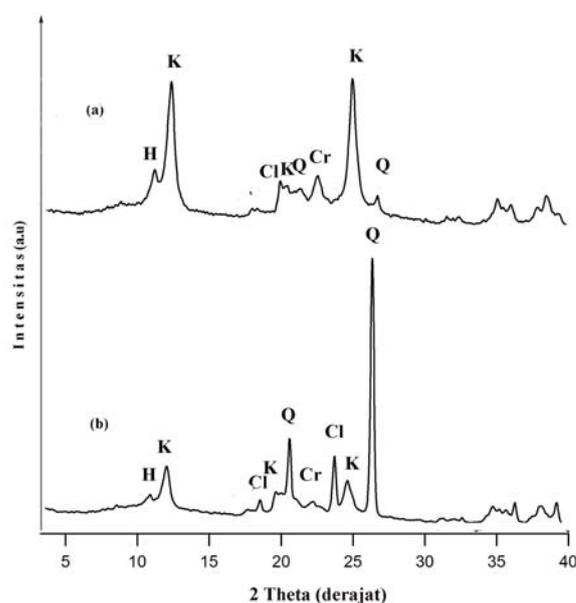
Puncak serapan tajam pada daerah sekitar 1000  $\text{cm}^{-1}$  adalah serapan karakteristik vibrasi ulur dari Si-O. Menurut Flanigen *et al.* [14], serapan kuat pada daerah 950-1250  $\text{cm}^{-1}$  adalah vibrasi ulur dari M-O (dimana M = Si atau Al) yang melibatkan gerakan utama dari atom oksigen Si-O. Serapan pada daerah sekitar 1600 dan 3400  $\text{cm}^{-1}$  berturut-turut adalah serapan karakteristik untuk vibrasi tekuk -OH dan vibrasi ulur -OH dari H<sub>2</sub>O yang terperangkap dalam kisi kristal. Puncak serapan di daerah sekitar 3600  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi ulur -OH yang memiliki perbedaan lingkungan, yaitu -OH yang terikat pada atom Al oktahedral, pada permukaan silikat atau pada antar lapis silikat. Dari seluruh data puncak-puncak serapan tersebut, dapat diperoleh informasi bahwa sampel yang diperiksa terdiri dari mineral yang memiliki gugus fungsional -OH dan Si-O. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sampel yang dianalisis adalah keluarga mineral silikat yang menyerap air. Hal ini mengarahkan dugaan pada berbagai mineral silikat kelompok lempung yang menyerap air seperti kaolinit, haloisit, klorit, smektit (*clay*) dan illit.



**Gambar 1.** Spektra inframerah sampel kaolin Tatakan, Kalimantan Selatan (a) kaolin sesudah purifikasi dan (b) kaolin sebelum purifikasi

Sedikit perbedaan terjadi pada daerah serapan di sekitar 1000  $\text{cm}^{-1}$  dan sekitar 500  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya sedikit perbedaan lingkungan dari kedua sampel. Bentuk serapan yang dimiliki oleh kaolin hasil purifikasi yang lebih ramping dan tajam menunjukkan komposisi mineral yang lebih homogen dibanding kaolin sebelum purifikasi. Pada kaolin sebelum purifikasi muncul serapan pada 1002,98  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan karakteristik dari kuarsa yang pada kaolin hasil purifikasi tidak muncul dan mengalami pergeseran menjadi serapan pada 1010,70 dan 1033,85  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan khas dari mineral kaolinit [13]. Hal tersebut menunjukkan berkurang/hilangnya fraksi kuarsa oleh karena proses purifikasi.

Serapan pada daerah 400-500  $\text{cm}^{-1}$  terjadi sedikit pergeseran puncak serapan ke arah bilangan gelombang yang lebih tinggi dari kaolin hasil purifikasi dibanding kaolin sebelum purifikasi. Puncak serapan pada daerah 400  $\text{cm}^{-1}$  merupakan serapan hasil vibrasi ulur Si-O sedangkan puncak serapan pada daerah 540,07  $\text{cm}^{-1}$  (kaolin hasil purifikasi) dan 532,35  $\text{cm}^{-1}$  (kaolin sebelum purifikasi) merupakan serapan hasil vibrasi ulur Si-O-Al<sup>VI</sup> (Al oktahedral) yang oleh Madejova [15] diamati pada daerah sekitar 520  $\text{cm}^{-1}$ . Pergeseran puncak serapan ke arah bilangan gelombang yang lebih tinggi juga memperkuat dugaan semakin homogennya lingkungan dari mineral silika-alumina yang secara tidak langsung menunjukkan berkurangnya pengotor yang ada. Data puncak serapan utama yang muncul pada kedua jenis sampel secara detail ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 2.** Difraktogram sinar-X sampel Kaolin alam Tatakan, Kalimantan Selatan (a) kaolin hasil purifikasi dan (b) kaolin sebelum purifikasi

**Tabel.1** Puncak serapan FTIR kaolin sebelum dan sesudah purifikasi

Raw Kaolin ( $\text{cm}^{-1}$ )	Pure Kaolin ( $\text{cm}^{-1}$ )	Teoritis* ( $\text{cm}^{-1}$ )	Keterangan
3695,61	3695,61	3694	Vibrasi ulur OH <sup>-</sup> (Al---O-H)
3618,46	3618,46	3620	Vibrasi ulur OH <sup>-</sup> (Al---O-H inter oktahedral)
3448,72	3448,72		Vibrasi ulur H-O-H
1627,92	1620,21		Vibrasi tekuk H-O-H
1111,00	1111,00	1114	Vibrasi asimetris Si-O-Si
	1033,85	1032	Vibrasi Si-O <sup>-</sup>
1002,98	1010,70	1010	Vibrasi Si-O <sup>-</sup>
910,40	910,40	912	Vibrasi ulur Al---O-H
756,10	756,10	752	Vibrasi simetris Si-O-Si
694,37	694,37	693	Vibrasi ulur Si-O
532,35	540,07	537	Vibrasi Si-O-Al <sup>VI</sup>
462,92	470,63	468	Vibrasi ulur Si-O
424,34	432,05	430	Vibrasi ulur Si-O

\*Ekosse (2005)

**Tabel 2.** Analisis semikuantitatif komposisi kelimpahan mineral pada sampel kaolin Tatakan, Kalimantan Selatan dihitung berdasar data XRD menggunakan metode Tributh dan Lagaly

Sampel	Komposisi relatif mineral (% berat)				
	Kaolinit	Haloisit	Klorit	Kuarsa	Kristobalit
Kaolin sebelum purifikasi	53,36	29,47	4,47	11,32	1,38
Kaolin sesudah purifikasi	73,03	22,6	0,77	1,37	2,23

Untuk memperkuat dugaan tentang mineral sampel berdasarkan hasil analisis menggunakan FTIR diperlukan data pendukung berupa data difraksi sinar-X. Analisis terhadap data difraksi sinar-X mampu memberikan informasi yang cukup lengkap mengenai komposisi mineral penyusun sampel kaolin alam. Secara semikuantitatif, estimasi kelimpahan mineral dilakukan dengan menggunakan metode Tributh dan Lagaly [16]. Difraktogram sinar-X untuk kedua sampel kaolin disajikan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan perubahan pola difraksi dan intensitas difraktogram sinar-X untuk sampel kaolin sebelum purifikasi dan kaolin sesudah proses purifikasi. Kedua sampel memberikan harga posisi puncak intensitas difraksi yang hampir sama yaitu di sekitar  $2\theta$  ( $^{\circ}$ ) = 12,14; 12,42; 18,91; 19,98; 20,96; 21,38; 24,09; 25,02; 26,72 dan 35,12. Puncak-puncak difraksi setiap mineral lempung adalah khas, sudut difraksi  $2\theta$  berhubungan dengan bidang kisi kristal mineral yang dianalisis. Identifikasi komponen penyusun sampel dilakukan dengan mencocokkan harga  $d_{hkl}$  yang ada pada difraktogram sampel dengan harga  $d_{hkl}$  mineral yang terdapat pada *Mineral Powder Diffraction File*.

Harga  $2\theta$  ( $^{\circ}$ ) dan bidang kisi kristal untuk mineral kaolinit adalah 12,42 $^{\circ}$  (001); 24,88 $^{\circ}$  (002); untuk mineral klorit adalah 6,28 $^{\circ}$  (001); 12,54 $^{\circ}$  (002); 18,90 $^{\circ}$  (003); 25,00 $^{\circ}$  (004); untuk mineral kuarsa adalah 20,88 $^{\circ}$  (100); 26,66 $^{\circ}$  (101); untuk mineral clay adalah 19,98 $^{\circ}$  (020); 35,12 $^{\circ}$  (200); untuk kristobalit adalah 22,12 $^{\circ}$  [16] dan

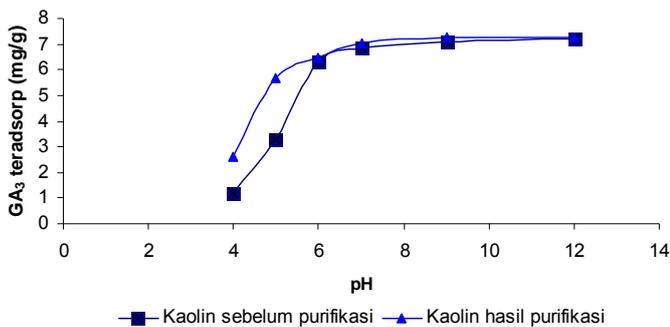
untuk haloisit adalah 20,00 $^{\circ}$ ; 25,00 $^{\circ}$  yang pada pemanasan pada temperatur 50  $^{\circ}\text{C}$  akan kehilangan air dan menjadi metahaloisit yang akan memunculkan serapan pada 12,14 $^{\circ}$  [17]. Dari identifikasi yang telah dilakukan, sampel kaolin alam asal Tatakan, Kalimantan Selatan menunjukkan kelimpahan mineral kaolinit, haloisit, kuarsa, klorit dan kristobalit. Untuk memperkirakan komposisi mineral secara semikuantitatif dilakukan perhitungan menggunakan metode Tributh dan Lagaly seperti yang dilakukan oleh Amman [16] dengan memanfaatkan data intensitas difraksi sinar-X yang karakteristik untuk tiap mineral, yang hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 memberikan informasi estimasi komposisi mineral penyusun setiap sampel yang dianalisis. Mineral kaolinit merupakan komponen dengan kelimpahan terbesar untuk kedua jenis sampel diikuti oleh kelimpahan haloisit, kuarsa, klorit dan kristobalit. Proses purifikasi yang dilakukan mampu meningkatkan kandungan mineral kaolinit secara cukup signifikan serta mampu menurunkan kandungan mineral klorit serta kuarsa dalam sampel kaolin. Proses purifikasi berdasarkan perbedaan laju sedimentasi cukup efektif untuk memisahkan fraksi kaolin alam sehingga dapat diperoleh kaolin dengan kandungan pengotor relatif sedikit.

Proses purifikasi dengan metode sedimentasi merupakan metode yang cukup efektif untuk memperoleh mineral kaolin dengan kohomogenan ukur

**Tabel 3.** Harga KTK sampel kaolin Tatakan menggunakan metode pertukaran ion amonium dihubungkan dengan persentase mineral kaolinit

Sampel	Kaolinit (%)	KTK (meq/100 g)
Kaolin sebelum purifikasi	53,36	7,93
Kaolin sesudah purifikasi	73,03	10,47
Persentase perubahan (%)	36,86282	32,03026



**Gambar 3.** Pengaruh pH terhadap kemampuan adsorpsi kaolin terhadap  $GA_3$

an yang cukup tinggi untuk memperoleh kemurnian yang tinggi dengan ukuran fraksi kaolin  $<2 \mu\text{m}$ . Berdasarkan hukum Stokes's, partikel kuarsa (densitas  $2,65 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ) dengan diameter rata-rata  $20 \mu\text{m}$  akan mengendap terlebih dahulu dengan waktu sekitar 3 menit 58 detik untuk mencapai jarak 10 cm pada temperatur  $25^\circ\text{C}$ . Partikel dengan ukuran diameter 10 dan  $2 \mu\text{m}$  akan mengendap dalam waktu 15 menit 51 detik dan 6 jam 36 [18].

Harga KTK sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 3 memberikan informasi bahwa sampel kaolin asal Tatakan sesudah purifikasi memiliki harga KTK yang lebih tinggi dibanding kaolin sebelum purifikasi. Jika diamati lebih lanjut, persentase perubahan harga KTK ternyata berbanding lurus dengan persentase perubahan komposisi mineral kaolinit yang terdapat pada sampel yaitu sekitar 35% yang disebabkan karena berkurangnya jumlah pengotor yang ada pada sampel. Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses pertukaran kation pada mineral kaolin alam sangat ditentukan oleh fraksi kaolinit yang ada. Hal tersebut dapat dijelaskan karena mineral kaolinit dapat mempunyai muatan negatif terutama dari sumbu sisi tepi (*edge*) yang mampu mengikat kation [19], sedangkan mineral kuarsa dan kristobalit tidak dapat menukarkan kation karena muatan permukaannya yang hampir netral.

#### Uji Adsorpsi Kaolin terhadap Asam Giberelin ( $GA_3$ )

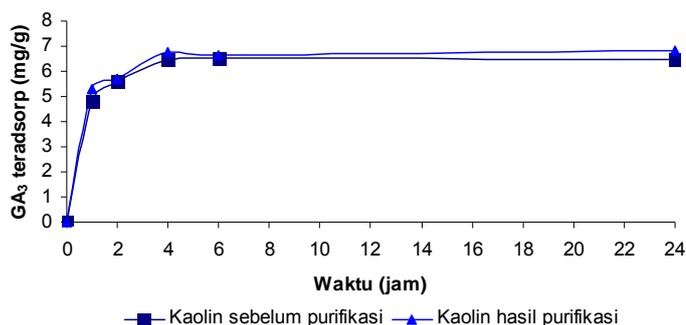
Uji adsorpsi kaolin terhadap asam giberelin ( $GA_3$ ) meliputi kajian pengaruh pH terhadap kemampuan adsorpsi, penentuan waktu kesetimbangan optimum

adsorpsi serta penentuan kapasitas adsorpsi dari kaolin alam sebelum dan setelah proses purifikasi.

#### Kajian Pengaruh pH

Penentuan pH optimum sistem adsorpsi merupakan parameter penting dalam mengontrol proses adsorpsi, terutama pada kapasitas adsorpsi. pH larutan dalam proses adsorpsi dapat mempengaruhi (i) muatan permukaan dari adsorben, (ii) derajat ionisasi dari molekul adsorbat dan (iii) tingkat disosiasi dari gugus fungsional pada situs aktif dari adsorben [20]. Untuk mengetahui pengaruh pH pada adsorpsi kaolin terhadap  $GA_3$ , sistem larutan diatur dengan pH yang bervariasi mulai dari pH 4,0 sampai dengan 12,0. Adsorpsi dilakukan dengan konsentrasi awal larutan 300 ppm dan dengan waktu kontak 24 jam. Hasil kajian pengaruh pH terhadap kemampuan adsorpsi kaolin terhadap  $GA_3$  ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 dapat diamati bahwa kemampuan adsorpsi dari kedua jenis adsorben kaolin menunjukkan pola adsorpsi yang hampir sama, dimana pada pH 4-6 (kondisi asam) kemampuan adsorpsi dari adsorben meningkat tajam dan pada pH 7-8 (kondisi basa) kemampuan adsorpsinya cenderung konstan. Hasil yang sama ditunjukkan oleh beberapa peneliti yang mengkaji adsorpsi kaolin terhadap berbagai molekul organik seperti zat warna *congo red* [21], *chrysal violet* dan *brilliant green* [20], protein *Bacillus thuringiensis* [22]. Menurut Oscan *et al.* [23], pH optimum dalam proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben kaolin dapat dijelaskan bahwa parameter pH secara langsung mempengaruhi muatan permukaan dari adsorben (kaolin) dan juga derajat ionisasi dan spesiasi adsorbat. Pada pH rendah (kondisi asam), kaolin cenderung mempunyai muatan positif pada sisi tepi (*edge*) dan muatan cenderung negatif pada permukaan silikatnya. Hal tersebut menyebabkan terbentuknya sistem rumah kartu pada sistem kaolin [24] sehingga kaolin dalam keadaan teragregasi, dimana kondisi tersebut menyebabkan berkurangnya luas permukaan kaolin yang berakibat pada berkurangnya kemampuan adsorpsi meskipun di sisi lain terjadi interaksi antara muatan positif kaolin dengan adsorbat. Menurut Lopez [19] pada pH 6,5-7,5, struktur kaolin mulai terdisagregasi (terpisah) karena adanya tolak menolak antar muatan negatif yang dihasilkan oleh bagian tepi (*edge*) dari kaolin, yang menyebabkan meningkatnya luas permukaan dari kaolin yang berakibat pada meningkatnya kemampuan adsorpsi dari kaolin. Peningkatan tersebut juga dimungkinkan karena adanya situs aktif ( $O^-$ ) dari bagian tepi (*edge*) kaolin yang dapat berinteraksi melalui ikatan hidrogen dengan kaolin. Pada pH di atas 9, permukaan kaolin menjadi bermuatan negatif baik pada permukaan silikat maupun bagian tepi kaolin,



**Gambar 4.** Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi GA<sub>3</sub> pada kaolin

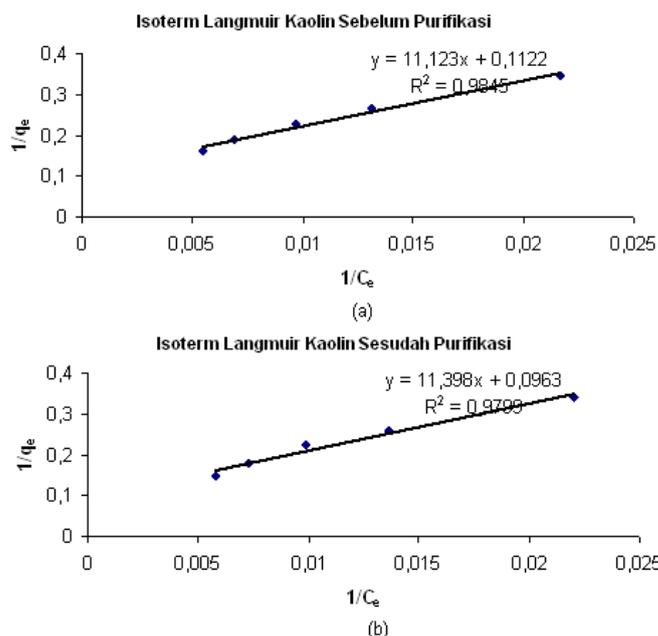
sehingga meskipun kaolin semakin terdisagregasi (luas permukaan semakin besar) namun di sisi lain akan terjadi interaksi tolakan antara muatan negatif kaolin dengan molekul GA<sub>3</sub> yang pada kondisi basa mulai terdisosiasi menghasilkan gugus COO<sup>-</sup> dan O<sup>-</sup>, sehingga kemampuan adsorpsi cenderung tidak meningkat.

#### Kajian Pengaruh Waktu Kontak

Parameter penting lain yang perlu dipelajari untuk mengkaji adsorpsi adalah penentuan waktu optimum adsorpsi. Waktu kontak adsorpsi kaolin terhadap GA<sub>3</sub> berhubungan dengan berapa lama waktu yang diperlukan agar GA<sub>3</sub> mampu terserap oleh kaolin secara optimal. Hasil kajian pengaruh waktu kontak terhadap kemampuan adsorpsi kaolin ditunjukkan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 dapat diamati bahwa pola adsorpsi antara GA<sub>3</sub> pada kedua jenis adsorben dari kaolin pada beberapa variasi waktu cenderung sama, dimana waktu kesetimbangan adsorpsi tercapai pada waktu sekitar 4 jam. Sebelum waktu kesetimbangan tercapai, pola serapan menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi dan kemudian cenderung konstan setelah mencapai kesetimbangan. Hasil tersebut cukup relevan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Zhou *et al.* [22] yang menunjukkan waktu kesetimbangan untuk adsorpsi molekul organik (protein) tercapai dalam waktu sekitar 3 jam. Dalam hal ini, waktu kesetimbangan dicapai dalam waktu yang relatif cukup lama (> 1 jam), hal tersebut dikarenakan ukuran dari molekul GA<sub>3</sub> yang cukup besar sehingga memerlukan waktu cukup panjang untuk mencapai kestabilan ikatan pada permukaan kaolin.

Dari Gambar 4 juga terlihat adanya peningkatan kemampuan adsorpsi dari kaolin hasil purifikasi dibanding kaolin sebelum purifikasi. Hal tersebut menjadi indikasi awal adanya perubahan sifat adsorpsi dari kaolin yang dipergunakan. Untuk mengetahui secara kuantitatif kemampuan adsorpsi masing-masing dilakukan penentuan kapasitas adsorpsi dengan menggunakan metode isoterm adsorpsi Langmuir.



**Gambar 5.** Grafik linearisasi isoterm Langmuir adsorpsi GA<sub>3</sub> pada (a) Kaolin sebelum purifikasi (b) Kaolin sesudah purifikasi

#### Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Untuk mengkaji pengaruh purifikasi terhadap kemampuan adsorpsi kaolin dilakukan proses adsorpsi dengan variasi konsentrasi 100 ppm sampai dengan 300 ppm pada pH 7 dan dengan waktu kontak 4 jam sesuai dengan hasil yang diperoleh sebelumnya. Berdasarkan data yang diperoleh, grafik pola isoterm adsorpsi Langmuir untuk kedua jenis adsorben dari kaolin ditampilkan pada Gambar 5.

Dari grafik pada Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa pola adsorpsi dari kedua adsorben (kaolin sebelum dan sesudah purifikasi) cenderung mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir yang ditunjukkan dengan nilai R<sup>2</sup> > 0,95, sehingga kapasitas adsorpsi (q<sub>m</sub>) dari ketiga adsorben dapat ditentukan secara langsung dengan menggunakan isoterm Langmuir. Kesesuaian adsorpsi dengan pola isoterm Langmuir juga diperkuat dengan nilai konstanta faktor pemisahan atau parameter kesetimbangan (R<sub>L</sub>) pada harga 0 < R<sub>L</sub> < 1 [21] yang ditunjukkan pada Tabel 4, dimana R<sub>L</sub> dinyatakan sebagai:

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L \cdot C_i} \quad (1)$$

Berdasarkan Tabel 4 dapat diamati bahwa kapasitas adsorpsi dari kedua jenis kaolin mengalami sedikit perubahan, yaitu 8,91 mg/g untuk kaolin tanpa purifikasi dan meningkat menjadi 10,38 mg/g untuk kaolin hasil purifikasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses purifikasi yang dilakukan dapat meningkatkan

**Tabel 4.** Konstanta isoterm Langmuir adsorpsi kaolin terhadap GA<sub>3</sub>

Adsorben	Konstanta Isotermal Langmuir			
	K <sub>L</sub> (ml/mg)	q <sub>m</sub> (mg/g)	R <sup>2</sup>	R <sub>L</sub>
Kaolin sebelum purifikasi	10,09	8,91	0,98	0,35
Kaolin sesudah purifikasi	8,45	10,38	0,98	0,39

kemampuan adsorpsi dari kaolin alam yang disebabkan karena berkurangnya jumlah pengotor dalam kaolin alam (kuarsa) sehingga meningkatkan kapasitas tukar kation dari kaolin yang secara tidak langsung juga meningkatkan kemampuan adsorpsinya.

## KESIMPULAN

Proses purifikasi kaolin alam asal Tatakan, Kalimantan Selatan mampu meningkatkan kandungan relatif mineral kaolinit dari 53,36% menjadi 73,03% dan mengurangi kandungan pengotor berupa kuarsa dan klorit. Harga kapasitas tukar kation meningkat sebanding dengan meningkatnya komposisi kaolinit. Pola adsorpsi GA<sub>3</sub> pada kaolin mengikuti persamaan isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi sebesar 8,91 untuk kaolin sebelum purifikasi dan sebesar 10,38 untuk kaolin hasil purifikasi. Hal ini menunjukkan proses purifikasi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari kaolin.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdiknas, yang telah memberikan beasiswa BPPS S2 di Jurusan Kimia FMIPA UGM tahun 2007/2008.

## DAFTAR PUSTAKA

- Slabova, O.I. and Nikitin, D.I., 2005, *Microbiol.*, 74, 371-373.
- Sanches, R.M., 2006. *Polymeric system for the slow release of plant growth regulators*. Cuba-UK Symposium on chemistry and life sciences, Havana, Jan 10<sup>th</sup> to 12<sup>th</sup> 2006.
- Joshi, P., Rayalu, S., Bansawal, A., and Juwarkae, A.A., 2007, *Plant Soil*, 296, 151-158.
- Kozlyak, E.I., Yakimov, M.M., Utkin, I.B., Rogozhin, I.S., Solomon, Z.G., and Bezborodor, A.M., 1991, *Prikl. Biokhim. Mikrobiol.*, 27, 788-803.
- Bansawal, A.K., Rayalu, S.S., Labhasetwar, N.K., Juwarkar, A.A., and Devotta, S., 2006, *J. Agric. Food Chem.*, 54, 4773-4779.
- Nikovskaya, G.N., 1989, *Khim. Tekhnol. Vody.*, 11, 2, 158-169.
- Abidin, Z., 1993. *Dasar-dasar pengetahuan tentang zat pengatur tumbuh*. Angkasa, Bandung.
- Crane, J.C., 1969, *Hort. Sci.*, 4, 108-111.
- Kilara, A., 1981. *Process*, 25-27.
- Malcata, F.X., Reyes, H.R., Garcia, H.S., Hill, Jr., and Admunson, S.H., 1990, *J. Am. Chem. Soc.*, 112, 67, 890-910.
- Burn, R.G., 1986. *Interaction of enzymes with soil minerals and organic colloids*. In: Huang, P.M., Schnitzer, M. (Ed.), *Interaction of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes*. Soil Science Society of America, Madison, 439-452.
- Dombrowski, T., 2000. *The origin of kaolinite. Implication for utilization*. In: Carty, W.M., Sinton, C.W. (Eds.), *Science of white wares II*. American Ceramic Society, Westerville, 3-12.
- Ekosse, G. E., 2005, *J. Appl. Sci. Environ. Mgt.*, 9, 2, 43-48.
- Flanigen, E.M., Khatami, H., and Szymanski, H.A., *Infrared Structural*, American Society Adv. In Chemistry Series No. 110, Washington, 291-297.
- Madejova, J., 2003. *Slovak Academy of Sciences, Slovakia*, 31, 1-10.
- Amman, L., 2003. *Cation exchange and adsorption on clays and clay minerals*. Dissertation, Kiels University
- Tan, K.H., 1982. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Penerjemah Goenadi, D.H., cet. 5, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Lagaly, G., 2006. *Colloid Clay Science*, in: *Hand book of Clay Science-Development in Clay Science*, Vol 1. (Eds) Bergaya, F., Theng, B.K.G., and Lagaly, G., Elsevier, 141-246.
- Lopez, Y.M.C., 2005. *FTIR Microspectroscopy of RDX Interactions with Clay Minerals*. Thesis, University of Puerto Rico.
- Nandi, B.K., Goswami, A., and Purkait, M.K., 2009, *Appl. Clay Sci.*, 42, 583-590.
- Vimonses, V., Lei, S., Jin, B., Chow, C.W.K., and Saint, C., 2009, *Appl. Clay Sci.*, 43, 465-472.
- Zhou, X., Huang, Q., Chen, S., and Yu, Z., 2005. *Appl. Clay Sci.*, 30, 87-93.
- Goodwin, J.W., 2004. *Colloid and Interfaces with Surfactants and Polymers- An Introduction*. John Wiley and Son, USA.
- Lee, S.Y. and Kim, S.J., 2002, *Appl. Clay Sci.*, 22, 55-63.
- Emmanuel, U., Kayode, O.A., and Folasegun, A.D., 2008, *J. Hazard. Mater.*, Accepted manuscript.