



Kajian Kinerja Ca-Bentonit Kabupaten Pacitan-Jawa Timur Teraktivasi Asam Sulfat Sebagai Material Lepas Lambat (*Slow Release Material*) Pupuk Organik Urin Sapi

Muhammad Taufiq Hidayat*, Irwan Nugraha

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281 Telp. +62-274-540971
Email: hidayattaufiq50@gmail.com*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja Ca-Bentonit alam dan teraktivasi H_2SO_4 1 M pada proses adsorpsi dan desorpsi terhadap amonium urin sapi serta potensinya sebagai pupuk *slow release material*. Uji kemampuan adsorpsi Ca-Bentonit alam dan Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M terhadap amonium urin sapi menggunakan metode indofenol. Proses adsorpsi dilakukan selama 2 jam dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25% (v/v)% dan diukur nilai absorbansi filtrat dengan spektrofotometer UV/Vis. Hasilnya Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M memiliki kemampuan adsorpsi lebih baik dengan konsentrasi adsorbat sebesar 48,7879 mmol/L pada konsentrasi urin 20% (v/v)% dibandingkan dengan Ca-Bentonit alam dengan konsentrasi adsorbat sebesar 48,0000 mmol/L pada konsentrasi urin 20% (v/v)%. Selanjutnya uji *slow release* menggunakan metode desorpsi dengan pelarut akuades terhadap Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M-teradsorpsi amonium urin sapi pada konsentrasi urin 20% (v/v)%. Uji *slow release* menggunakan variasi waktu 5,10,30,60,90,120,150,180, dan 210 menit. Hasilnya amonium urin sapi yang sebelumnya sudah teradsorpsi, mampu keluar secara bertahap dari struktur permukaan serta pori-pori Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M pada puncak waktu desorpsi 60 menit dengan konsentrasi amonium yang keluar sebesar 48,6667 mmol/L.

Kata kunci: Ca-Bentonit, Urin Sapi, Adsorpsi, Desorpsi, Slow Release Material, Indofenol, Pupuk Organik.

This publication is licensed under a



Pendahuluan

Ca-Bentonit alam secara alamiah memiliki kemampuan adsorpsi terhadap amonium urin sapi. Hal ini disebabkan Ca-Bentonit alam merupakan mineral alam yang mempunyai struktur berlapis pada *interlayer* yaitu aluminosilikat dengan perbandingan 2:1 yang artinya bentonit tersusun atas 1 lapisan oktahedral dan diapit oleh 2 lapisan tetrahedral. Pada lapisan tetrahedral montmorillonit terdapat ion Si^{4+} sebagai SiO_4 , ion Al^{3+} dan terdapat pula ion Mg^{2+} . Sementara itu pada lapisan oktahedral, ion Al mengikat 6 atom oksigen atau mengikat 4 atom oksigen dengan 2 gugus hidroksil. Keberadaan Al^{3+} pada lapisan tetrahedral dan Mg^{2+} pada lapisan oktahedral menyebabkan permukaan bentonit bermuatan negatif. Muatan negatif pada permukaan bentonit akan diseimbangkan oleh ion bermuatan positif seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan Na^+ . Ion-ion inilah yang kemudian bisa dipertukarkan dengan ion-ion positif yang lain (Schoonheydt dan Jhonston, 2006).

Amonium urin sapi yaitu $[NH_4]^+$ yang terionisasi sehingga memiliki muatan positif dari keadaan awal amonia $[NH_3]$ sehingga akan terjadi gaya tarik-menarik antara anion dari permukaan Ca-Bentonit dengan kation amonium urin sapi. Namun, kemampuan adsorpsi dari Ca-Bentonit tanpa dimodifikasi terlebih dahulu terhadap amonium urin sapi relatif rendah, hal ini disebabkan oleh ukuran partikel adsorben Ca-Bentonit alam yang tidak seragam dan masih terlalu besar, kemudian sifatnya yang mudah menyerap air atau *hidrofilik*, serta ukuran dari pori-pori struktur Ca-Bentonit alam yang masih kecil karena masih tertutupi oleh pengotor. Sehingga untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi Ca-Bentonit alam maka luas permukaan adsorben Ca-Bentonit harus ditingkatkan, mengubah

sifat Ca-Bentonit menjadi menolak air atau *hidrofobik*, dan menghilangkan pengotor yang menutupi kisi dan pori-pori Ca-Bentonit (Widyaningsih, 2009).

Ca-Bentonit alam yang berupa *raw material* memiliki ukuran partikel yang tidak sama dan berukuran cukup besar. Sehingga untuk mengatasi masalah tersebut, ukuran partikel harus diseragamkan dan diperkecil dengan cara yaitu Ca-Bentonit alam digerus dan diayak menggunakan *molecular sieve* ukuran 250 μm sehingga partikel yang berukuran $\geq 250 \mu m$ tidak akan lolos. Menurut Priambodo (2014) menyatakan bahwa fungsi dari pengayakan ini adalah untuk menyortir ukuran partikel sehingga diperoleh ukuran yang sama dimana ukuran partikel adsorben yang lebih kecil akan meningkatkan luas permukaan adsorben sehingga kemampuan interaksi dari situs aktifnya akan lebih maksimal dari Ca-Bentonit yang belum diayak.

Selain itu, kemampuan adsorpsi Ca-Bentonit alam dapat ditingkatkan yaitu dengan proses aktivasi menggunakan larutan asam H_2SO_4 1 M. Alasan dipilihnya asam mineral H_2SO_4 1 M sebagai zat pengaktivasi disebabkan oleh H_2SO_4 1 M memiliki ekuivalen H^+ yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam-asam yang lainnya seperti HCl ataupun HNO_3 yang biasa digunakan sebagai zat pengaktivasi. Dalam hal ini H_2SO_4 1 M mendonorkan 2 buah proton H^+ dalam reaksinya, maka penggunaan H_2SO_4 sebagai asam lebih baik dibandingkan dengan mineral asam HCl ataupun HNO_3 yang hanya mendonorkan 1 buah proton H^+ . Aktivasi Ca-Bentonit menggunakan H_2SO_4 1 M akan menghasilkan adsorben dengan situs aktif dan keasaman permukaan yang lebih besar sehingga kemampuan adsorpsinya lebih tinggi dibandingkan sebelum diaktivasi (Komadel, 2003).

Metode Penelitian

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu urin sapi peternakan sapi Dusun Karangijo Kulon, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, lempung jenis Ca-Bentonit dari Kabupaten Pacitan, Jawa Timur, H_2SO_4 1 M, akuades, etanol 95%, larutan fenol yang dibuat dengan cara dilarutkan dengan 20 gram fenol dalam 200 ml etanol, larutan natrium nitroprussida yang dibuat dengan cara 1 gram natrium nitroprussida dalam 200 ml akuabides dan disimpan dalam botol gelap, padatan natrium sitrat, padatan NaOH, larutan NaOCl 1,5 M, dan terakhir larutan $(NH_4)Cl$ yang dibuat dengan cara dilarutkan 0,132 gram padatan $(NH_4)_2SO_4$ kedalam 50 ml akuabides dengan labu takar 100 ml lalu ditambahkan 1 ml klorofom untuk penstabil dan diencerkan sampai tanda. Kemudian disimpan larutan amonium dalam lemari es.

Peralatan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu seperangkat alat gelas, neraca analitik, oven controller, cawan porselin, hot-plate, ayakan molecular sieve 250 μm , magnetic stirrer, kertas saring whatman no.41, spektroskopik D-20, spektrofotometer UV/Vis, X-Ray Fluorescence (XRF), Fourier-Transform Infrared (FT-IR) Shimadzu Prestige-21, dan X-Ray Diffraction (XRD) Shimadzu 600.

Preparasi Urin Sapi

Preparasi sampel urin sapi yaitu urin sapi disimpan dalam botol gelap tertutup dan disimpan pada suhu kamar selama 24 jam. Kemudian dibuat larutan urin dengan berbagai variasi konsentrasi (v/v)% dengan pelarut akuades dalam 50 ml labu takar yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25%. Larutan ini digunakan sebagai adsorbat pada proses adsorpsi dengan Ca-Bentonit alam dan teraktivasi H_2SO_4 1 M.

Aktivasi Ca-Bentonit Alam

Ca-bentonit alam yang berupa *raw material* dihancurkan secara mekanis kemudian diayak dengan saringan (*molecular sieve*) 250 μm . Setelah itu Ca-bentonit alam dikarakterisasi menggunakan FT-IR, XRD, dan XRF. Selanjutnya, sebanyak 50 gram bentonit ukuran 250 μm dimasukkan ke dalam gelas beker 250 ml lalu ditambahkan 200 ml H_2SO_4 1 M kemudian di aduk selama 2 jam pada suhu kamar. Setelah diaduk selama 2 jam, lalu diukur pH suspensi solidnya. Selanjutnya suspensi disaring sehingga menghasilkan filtrat dan residu. Residu yang diperoleh kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral (mendekati 7). Setelah itu residu disaring dengan corong buchner dimana sebelumnya kertas saring whatman no.41 sudah ditimbang terlebih dahulu. Kemudian residu dikeringkan di dalam *oven controller* pada suhu 110°C selama 4 jam atau sampai kering. Setelah dikeringkan, residu disimpan dalam desikator sampai massanya stabil. Setelah stabil, massa kristal ditimbang dengan pengulangan minimal sebanyak 3 kali. Setelah itu diperoleh Ca-Bentonit teraktivasi kemudian dihancurkan lagi dan diayak kembali dengan saringan (*molecular sieve*) 250 μm . Ca-Bentonit

teraktivasi H_2SO_4 1 M dikarakterisasi menggunakan FT-IR, XRD, dan XRF.

Pembuatan Pereaksi Larutan Indofenol dan Larutan Blanko

Pereaksi yang dibutuhkan yaitu pereaksi alkali, larutan oksidator, dan larutan standar. Pereaksi alkali yaitu dilarutkan 20 gram natrium sitrat dan 1 gram NaOH dalam 100 ml akuades. Larutan oksidator yaitu dicampurkan 100 ml pereaksi alkali dan 50 ml larutan hipoklorida. Larutan standar yaitu diambil 2,5 ml larutan stok amonium ke dalam labu takar 250 ml dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi 200 mmol/L.

Pembuatan larutan blanko yaitu sebanyak 3 ml larutan fenol dimasukkan kedalam labu takar 50 ml dan dikocok sampai sempurna. Selanjutnya ditambahkan 2 ml natrium nitroprussida dan 5 ml larutan oksidator, diaduk hingga homogen, dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Bagian atas labu ukur ditutup dan dibiarkan dalam suhu kamar kira-kira 1 jam untuk memaksimalkan pembentukan warna.

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Indofenol

Sebanyak 5 ml larutan standar dimasukkan ke dalam labu takar 50 ml dan ditambahkan 3 ml larutan fenol, dikocok sampai sempurna. Selanjutnya ditambahkan 2 ml natrium nitroprussida dan 5 ml larutan oksidator, diaduk hingga homogen, dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Bagian atas labu takar ditutup dan dibiarkan dalam suhu kamar kira-kira 1 jam untuk memaksimalkan pembentukan warna. Absorbansi larutan tersebut diamati dengan spektrofotometer UV/Vis.

Pembuatan Kurva Kalibrasi

Sebanyak 16 buah labu takar 50 ml disiapkan, kemudian dimasukkan berturut-turut 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10,12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, dan 28 ml larutan standar. Setelah itu dimasukkan 3 ml larutan fenol dan dikocok sampai sempurna. Kemudian ke dalam masing-masing labu tersebut, ditambahkan 2 ml larutan natrium nitroprussida dan 5 ml larutan oksidator, diaduk hingga homogen dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Tutup labu takar dan dibiarkan larutan pada suhu kamar selama 24 jam. Absorbansi tiap-tiap larutan diamati dengan spektrofotometer dan dibuat grafik antara konsentrasi amonia larutan (mmol/L) vs absorbansi (A).

Penentuan Konsentrasi Amonium Urin Sapi Sebelum Adsorpsi

Dimasukkan 10 ml larutan dari masing-masing larutan urin sapi dengan berbagai variasi konsentrasi (v/v)% yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25 % kedalam 5 buah labu takar 50 ml. Ke dalam masing-masing labu takar tersebut ditambahkan 3 ml larutan fenol, dikocok sampai sempurna. Selanjutnya ditambahkan 2 ml natrium nitroprussida dan 5 ml larutan oksidator, diaduk hingga homogen, dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Bagian atas labu takar ditutup dan dibiarkan dalam suhu kamar kira-kira 1 jam untuk memaksimalkan pembentukan warna. Absorbansi larutan tersebut diamati dengan spektrofotometer UV/Vis pada panjang gelombang maksimum.

Uji Kemampuan Adsorpsi Ca-Bentonit Alam dan Teraktivasi H₂SO₄ 1 M Terhadap Amonium Urin Sapi

Sebanyak 10 gram Ca-bentonit alam dan teraktivasi H₂SO₄ 1 M ukuran 250 µm ditimbang dan sebanyak 10 contoh masing-masing direndam pada 50 ml larutan urin dengan masing-masing konsentrasi (v/v)% yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25% selama 2 jam dengan magnetic stirer. Kemudian diambil 10 ml filtrat (larutan) sisa perendaman lalu dimasukkan kedalam 5 buah labu takar 50 ml. Kedalam masing-masing labu takar tersebut ditambahkan 3 ml larutan fenol, dikocok sampai sempurna. Selanjutnya ditambahkan 2 ml natrium nitroprussida dan 5 ml larutan oksidator, diaduk hingga homogen, dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Bagian atas labu takar ditutup dan dibiarkan dalam suhu kamar kira-kira 1 jam untuk memaksimalkan pembentukan warna. Absorbansi larutan tersebut diamati dengan spektrofotometer UV/Vis dan ditentukan konsentrasi adsorbat paling besar yang digunakan untuk uji *slow release*.

Uji Kinerja Ca-Bentonit Sebagai Material Lepas Lambat (*Slow Release Material*) Pupuk Organik Urin Sapi

Sebanyak 10 gram Ca-bentonit dengan adsorpsi maksimum ditimbang dan sebanyak 9 contoh masing-masing direndam pada 50 ml akuades sambil dilakukan pengadukan menggunakan bantuan *magnetic stirrer* dimana masing-masing waktu kontak yaitu 5, 10, 30, 60, 90, 120, 150, 180, dan 210 menit dengan gelas beker yang ditutup rapat. Setelah itu dilakukan penyaringan dengan kertas whatman no.41 sehingga diperoleh filtrat hasil penyaringan. Kemudian diambil 10 ml filtrat dan dimasukkan kedalam labu takar 50 ml. Ke dalam masing-masing labu takar tersebut ditambahkan 3 ml larutan fenol, dikocok sampai sempurna. Selanjutnya ditambahkan 2 ml natrium nitroprussida dan 5 ml larutan oksidator, diaduk hingga homogen, dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Bagian atas labu takar ditutup dan dibiarkan dalam suhu kamar kira-kira 1 jam untuk memaksimalkan pembentukan warna. Absorbansi larutan tersebut diamati dengan spektrofotometer UV/Vis pada panjang gelombang 600-650 nm dengan interval 2 nm.

Hasil dan Pembahasan

Aktivasi Ca-Bentonit

Ca-Bentonit alam dan Ca-Bentonit hasil aktivasi dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)*, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)*, dan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Karakterisasi XRF bertujuan untuk mengetahui komposisi senyawa yaitu konsentrasi unsur mayor maupun minor yang terdapat pada Ca-Bentonit alam dan Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M yang disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 terjadi perbedaan presentase komposisi beberapa senyawa pada Ca-Bentonit alam dan Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M. Menurut Sukandarrumidi (2009) bahwa tingginya unsur mayor SiO₂ dan Al₂O₃ serta unsur minor Si-O-Al didukung teori bahwa bentonit memiliki konfigurasi 2:1 dimana terdiri dari dua lapis tetrahedral (silika-oksigen) dan satu lapis

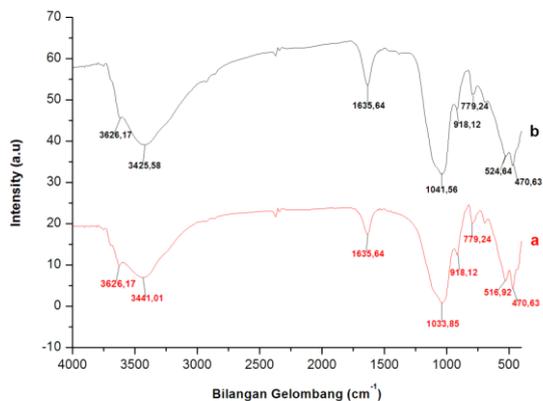
oktahedral (aluminium-oksigen-hidroksil). Kemudian bentonit yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe Ca-Bentonit yang ditandai dengan munculnya data unsur mayor CaO sebesar 4,44% dan unsur minor Ca sebesar 3,17%. Hal tersebut membuktikan bahwa memang benar bahwa bentonit yang digunakan merupakan tipe Ca-Bentonit dengan komposisi senyawa utama adalah mineral montmorillonite.

Tabel 1. Data XRF Kandungan Unsur Mayor dan Minor Ca-Bentonit Alam dan Ca-Bentonit Teraktivasi H₂SO₄ 1 M.

Ca-Bentonit			
Alam		Teraktivasi H ₂ SO ₄ 1 M	
Konsentrasi		Konsentrasi	
Unsur Mayor	Unsur Minor	Unsur Mayor	Unsur Minor
SiO ₂ (58,11%)	O (46,55%)	SiO ₂ (59,09%)	O (46,91%)
Al ₂ O ₃ (15,35%)	Si (27,17%)	Al ₂ O ₃ (15,90%)	Si (27,62%)
Fe ₂ O ₃ (13,92%)	Fe (9,74%)	Fe ₂ O ₃ (13,45%)	Fe (9,41%)
CaO (4,44%)	Al (8,12%)	CaO (2,94%)	Al (8,41%)
P ₂ O ₅ (1,88%)	Ca (3,17%)	P ₂ O ₅ (1,96%)	Ca (2,10%)
TiO ₂ (1,60%)	K (1,21%)	TiO ₂ (1,69%)	K (1,29%)
K ₂ O (1,46%)	Ti (0,96%)	K ₂ O (1,56%)	Ti (1,01%)
MnO (0,13%)	P (0,82%)	MnO (0,13%)	P (0,85%)
SrO (0,12%)	Sr (0,10%)	SrO (0,10%)	Sr (0,08%)
ZrO ₂ (0,06%)	Mn (0,10%)	ZrO ₂ (0,06%)	Mn (0,10%)
CuO (0,05%)	Cu (0,04%)	CuO (0,04%)	Cu (0,03%)
ZnO (0,04%)	Zr (0,04%)	ZnO (0,03%)	Zr (0,04%)
SnO ₂ (0,03%)	Zn (0,04%)	SnO ₂ (0,03%)	Zn (0,03%)
	Sn (0,02%)		Sn (0,03%)

Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M terjadi perbedaan presentase komposisi pada unsur mayor maupun unsur minor dimana terjadi penurunan presentase yaitu unsur mayor Fe₂O₃ sebesar 13,45%; CaO sebesar 2,94%; SrO sebesar 0,10%; CuO sebesar 0,04%; dan ZnO sebesar 0,03%. Penurunan unsur mayor diikuti oleh turunnya unsur minor yaitu Fe sebesar 9,41%; Ca sebesar 2,10%; Sr sebesar 0,08%; Cu sebesar 0,03%; Zn sebesar 0,03%. Penurunan unsur mayor dan minor tersebut disebabkan oleh berhasilnya proses pertukaran ion atau *ion exchange* serta *dealuminasi* pada struktur *interlayer* Ca-Bentonit alam pada proses aktivasi menggunakan H₂SO₄ 1 M. Pemberian kontak langsung larutan H₂SO₄ 1 M terhadap Ca-Bentonit alam tersebut menyebabkan ion H⁺ mengisi struktur *interlayer* dan mengganti ion-ion Fe, Ca, Sr, Cu, Zn serta pengotor-pengotor lainnya pada lapisan oktahedral dari kisi-kisi struktur. Proses pelepasan ion-ion tersebut terjadi pada tahap *swelling* dan proses penetralan dengan akuades sampai pH *suspensi solid* mendekati netral atau 7 sehingga kation-kation dan pengotor akan lepas dari struktur kerangka Ca-Bentonit. Akibatnya luas permukaan *interlayer* akan meningkat begitu juga kemampuan adsorpsinya (Syuhada dkk, 2009).

Karakterisasi FT-IR bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsional yang ada pada Ca-Bentonit alam dan Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M yang disajikan dalam bentuk spektra pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektra FT-IR. (a) Ca-Bentonit alam dan (b) Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M.

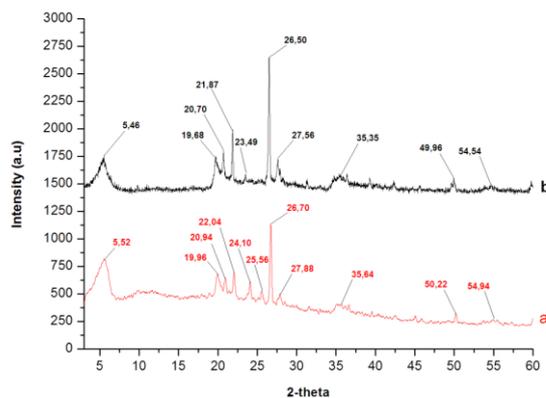
Berdasarkan spektra Ca-Bentonit alam pada Gambar 1a bahwa bilangan gelombang 3626,17 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus OH (gugus hidroksil yang terikat pada Al dilapisan oktahedral Al-Al-OH atau Mg-OH-Al). Bilangan gelombang 3441,01 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus OH yang terhidrasi molekul air yang teradsorpsi. Dengan kata lain, bilangan gelombang 3626,17 cm⁻¹ dan 3441,01 cm⁻¹ merupakan indikasi adanya gugus fungsi OH ulur pada lapisan oktahedral (aluminol) dan vibrasi ulur OH silanol. Kedua puncak tersebut menunjukkan intensitas yang hampir sama yang mengindikasikan bahwa gugus OH tersebar merata pada lembar alumina dan silika. Hal tersebut diperkuat dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1635,64 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi tekuk dari H-O-H dari air yang teradsorpsi didalam Ca-Bentonit.

Puncak serapan pada bilangan gelombang 1033,85 cm⁻¹ menunjukkan karakteristik dari Si-O-Si atau SiO₂ (kuarsa) pada lapisan tetrahedral, selain itu adanya vibrasi Si-O-Al juga teramati pada bilangan gelombang 779,24 cm⁻¹. Data tersebut diperkuat oleh Rahman (2008) yang menyatakan bahwa serapan pada daerah serapan 950-1250 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur M-O, dimana M-O merupakan Si atau Al. Indikasi vibrasi tekuk Si-O-Si ditunjukkan pada pita serapan 470,63 cm⁻¹, sedangkan vibrasi ulur Si-O ditunjukkan pada daerah 779,24 cm⁻¹. Sedangkan menurut Purwaningsih (2012) pita serapan pada bilangan gelombang 1041,56 cm⁻¹ sampai 779,67 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetris dari Si-O. Adanya gugus Si-O diidentifikasi dengan munculnya pita serapan yang tajam dan intensitas tinggi pada bilangan gelombang 1033,85 cm⁻¹. Tingginya intensitas pada puncak 1033,85 cm⁻¹ menunjukkan tingginya kandungan montmorillonit pada Ca-Bentonit alam. Vibrasi tekuk gugus hidroksil dari Al-OH-Al muncul pada pita serapan 918,12 cm⁻¹, sedangkan vibrasi tekuk dari Si-O-Al dan Si-

O-Si ditunjukkan pada bilangan gelombang 516,92 cm⁻¹ dan 424,34 cm⁻¹.

Spektra FT-IR Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M pada Gambar 1b menunjukkan hasil perubahan puncak serapan bilangan gelombang yang tidak jauh berbeda dengan Ca-Bentonit alam dimana hanya sedikit mengalami pergeseran dan perbedaan ketajaman spektra yang dihasilkan. Menurut Onal dan Sarikaya (2007) perlakuan aktivasi menggunakan H₂SO₄ 1 M terhadap Ca-Bentonit alam tidak akan merubah struktur dasar Ca-Bentonit tersebut, tetapi hanya menghilangkan pengotor dan karena pengaruh asam mengakibatkan terjadinya dealuminasi yaitu lepasnya Al³⁺ pada lapisan oktahedral yang dapat diamati pada serapan 470,63 cm⁻¹ yang lebih tajam yang menunjukkan bahwa lingkungan Si-O-Si semakin homogen. Kemudian hal tersebut didukung dengan bergesernya puncak Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M dari 516,92 cm⁻¹ menjadi 524,64 cm⁻¹ yang mengindikasikan adanya vibrasi Si-O-Al. Serta bergesernya puncak 1033,85 cm⁻¹ menjadi 1041,56 cm⁻¹ yang mengindikasikan vibrasi regangan Si-O-Si. Hal ini diperkuat dengan pita serapan pada daerah 3425,58 cm⁻¹ bahwa lembar silika tidak larut oleh asam. Puncak 779,24 cm⁻¹ masih teridentifikasi dengan jelas yang membuktikan bahwa kuarsa tidak larut dalam pengasaman. Proses dealuminasi ini membuktikan bahwa perlakuan asam menyebabkan lepasnya Al yang dibuktikan dengan hilangnya serapan gugus aluminol pada lapisan oktahedral didaerah 3626,17 cm⁻¹, dimana hal ini menyebabkan puncak serapan pada daerah 3441,01 cm⁻¹ bergeser menjadi 3425,58 cm⁻¹. Pergeseran ini disebabkan oleh pelebaran puncak pengaruh panjang ikatan OH ulur yang berubah akibat lepasnya Al kearah bilangan gelombang yang lebih kecil.

Karakterisasi XRD merupakan analisis kualitatif dengan menganalisa dan membandingkan nilai d_{hkl} sampel dengan d_{hkl} pada difraktogram yang terdapat pada data JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards).



Gambar 2. Difraktogram XRD. (a) Ca-Bentonit Alam dan (b) Ca-Bentonit Teraktivasi H₂SO₄ 1 M.

Berdasarkan difraktogram XRD Ca-Bentonit alam pada Gambar 2a menghasilkan puncak serapan khas dengan sudut dan basal spacing yaitu intensitas tertinggi pada difraktogram 2θ=26,70° (d=3,34Å) sesuai dengan standar JCPDS No.13-0259

yaitu $d=3,34\text{\AA}$ yang merupakan mineral montmorillonit. Kemudian kepastian kandungan Ca-Bentonit yaitu montmorillonit didukung oleh puncak-puncak lain yaitu $2\theta=5,52^\circ$ ($d=14,94\text{\AA}$) sesuai dengan JCPDS No.13-0135 yaitu $d_{001}=15,00\text{\AA}$ yang merupakan mineral montmorillonit. Puncak $2\theta=22,04^\circ$ ($d=4,03\text{\AA}$) sesuai dengan JCPDS No.11-0695 yaitu $d_{101}=4,05\text{\AA}$ yang merupakan mineral kristobalit. Puncak $2\theta=19,96^\circ$ ($d=4,44\text{\AA}$) sesuai dengan JCPDS No.06-0911 yaitu $d_{111}=4,44\text{\AA}$ yang merupakan mineral illit. Puncak $2\theta=20,94^\circ$ ($d=4,24\text{\AA}$) sesuai dengan JCPDS No.05-0490 yaitu $d_{100}=4,26\text{\AA}$ yang merupakan mineral kuarsa. Puncak $2\theta=24,10^\circ$ ($d=3,69\text{\AA}$) sesuai dengan JCPDS No.24-0495 yaitu $d_{113}=3,68\text{\AA}$ dan $d_{204}=3,68\text{\AA}$ yang merupakan mineral illit. Puncak $2\theta=25,56^\circ$ ($d=3,48\text{\AA}$) sesuai dengan JCPDS No.26-0911 yaitu $d_{114}=3,46\text{\AA}$ yang merupakan mineral illit. Puncak $2\theta=27,88^\circ$ ($d=3,20\text{\AA}$) sesuai dengan JCPDS No.24-0495 yaitu $d_{114}=3,20\text{\AA}$ yang merupakan mineral illit. Puncak $2\theta=35,64^\circ$ ($d=2,27\text{\AA}$) sesuai dengan JCPDS No.26-0911 yaitu $d_{040}=2,27\text{\AA}$ yang merupakan mineral illit. Puncak $2\theta=50,22^\circ$ ($d=1,815\text{\AA}$) sesuai dengan JCPDS No.14-0164 yaitu $d_{223}=1,81\text{\AA}$ yang merupakan mineral kaolin. Sehingga Ca-Bentonit alam yang dikarakterisasi XRD pada sudut 2θ yaitu $2-60^\circ$ komposisi utamanya adalah mineral montmorillonit kemudian didukung dengan adanya mineral-mineral lain yaitu kristobalit, illit, kuarsa dan kaolin.

Pola difraksi Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M pada Gambar 2b menghasilkan puncak serapan khas dengan sudut dan *basal spacing* yaitu $2\theta=5,46^\circ$ ($d=16,17\text{\AA}$); $2\theta=19,68^\circ$ ($d=4,51\text{\AA}$); $2\theta=20,70^\circ$ ($d=4,29\text{\AA}$); $2\theta=21,86^\circ$ ($d=4,06\text{\AA}$); $2\theta=26,50^\circ$ ($d=3,36\text{\AA}$); $2\theta=27,56^\circ$ ($d=3,23\text{\AA}$); $2\theta=35,35^\circ$ ($d=2,54\text{\AA}$); $2\theta=49,96^\circ$ ($d=1,82\text{\AA}$); dan $2\theta=54,54^\circ$ ($d=1,68\text{\AA}$). Dari data tersebut diperoleh informasi bahwa komposisi mineral masih sama dengan Ca-Bentonit alam akan tetapi intensitas sudut 2θ montmorillonit yang cenderung turun namun terjadi peningkatan nilai d atau *basal spacing*. Hal ini disebabkan adanya perlakuan aktivasi menggunakan larutan asam H_2SO_4 1 M sehingga menyebabkan terjadinya *dealuminasi* yaitu lepasnya Al pada lapisan oktahedral dan digantikan gugus H^+ dari H_2SO_4 1 M. Dengan adanya gugus H^+ ini mampu menghilangkan keberadaan logam lain sehingga menyebabkan kristalinitas Ca-Bentonit teraktivasi asam menurun. Lepasnya Al oleh asam ini berdampak pada kenaikan intensitas kuarsa dikarenakan meningkatnya ikatan Si-O-Si. Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan, maka intensitas karakteristik montmorillonit pada bidang d_{001} mengalami penurunan (Onal dan Sarikaya, 2007).

Hal tersebut memperkuat data serapan FT-IR pada daerah bilangan gelombang $3626,17\text{ cm}^{-1}$ yaitu hilangnya gugus aluminol pada lapisan oktahedral. Akan tetapi meskipun terjadi penurunan intensitas montmorillonit, puncak khas mineral tersebut masih muncul pada pola difraksi. Hal ini menunjukkan bahwa kerangka montmorillonit belum sepenuhnya rusak oleh proses aktivasi asam. Mineral yang mengandung gugus alumina mengalami kerusakan, namun masih menyisakan lembar silika yang tidak terpengaruh oleh asam yaitu mineral kuarsa dan kristobalit yang komposisi utamanya adalah SiO_2 , dimana

kondisi asam tidak menyebabkan rusaknya ikatan Si-O karena oksida silika kondisinya cenderung asam. Oleh karena itu komponen kuarsa dan kristobalit memiliki intensitas yang stabil dalam suasana asam.

Kemudian apabila diperhatikan difraktogram XRD pada Gambar 2, intensitas struktur montmorillonit dari keadaan awal Ca-Bentonit alam $2\theta=26,70^\circ$ ($d=3,34\text{\AA}$) mengalami peningkatan *basal spacing* menjadi $2\theta=26,50^\circ$ ($d=3,36\text{\AA}$) pada Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M. Kenaikan intensitas montmorillonit tersebut mengakibatkan intensitas kuarsa Ca-Bentonit alam pada $2\theta=20,94^\circ$ ($d=4,24\text{\AA}$) dan Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M mengalami peningkatan yang disebabkan meningkatnya ikatan Si-O-Si. Meningkatnya perbandingan intensitas ikatan Si-O-Si ini mendukung data XRF sebelumnya dimana analisis XRF Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M menunjukkan terjadi peningkatan unsur mayor yaitu SiO_2 59,09%; Al_2O_3 15,90%; P_2O_5 1,96%; TiO_2 1,69%; dan K_2O 1,56% dari keadaan awal Ca-Bentonit alam dan begitu juga unsur minor O 46,91%; Si 27,62%; Al 8,41%; K 1,29%; Ti 1,01%; dan P 0,85%. Sehingga meningkatnya unsur mayor dan minor tersebut juga akan menaikkan angka perbandingan SiO_2 dan Al_2O_3 .

Karakterisasi sifat fisika dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing material serta mendukung karakterisasi menggunakan instrumen pada pembahasan sifat kimia sebelumnya. Perbandingan sifat fisik antara Ca-Bentonit alam dan Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Sifat Fisik Ca-Bentonit Alam dan Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1 M.

Sifat Fisik	Ca-Bentonit	
	Alam	Teraktivasi H_2SO_4 1 M
acidity (mgKOH/g)	0,5637	0,9395
pH suspensi solid	4	1
bulk density (g/L)	1,0095	0,9948
%moisture	15,1824	14,8584
swelling indeks	2,3580	3,5235

Karakterisasi keasaman permukaan (*acidity*) terjadi peningkatan nilai keasaman permukaan dari Ca-Bentonit alam ke Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M. Dalam keadaan *swelling* Ca-Bentonit alam memiliki pH asam lemah yaitu 4-7 sedangkan pada saat ditambahkan asam H_2SO_4 1 M, secara otomatis akan menurunkan pH sehingga nilai keasaman meningkat. Selain itu peningkatan keasaman permukaan yang terjadi pada adsorben tersebut diakibatkan oleh pengaktifan Ca-Bentonit dengan H_2SO_4 1 M yang memiliki situs aktif. Pada saat Ca-Bentonit mendapatkan tambahan sumbuhan situs aktif H^+ dari H_2SO_4 1 M yang diinterkalasi kedalam antar lapisan lempung sehingga keasaman permukaan meningkat. Sedangkan menurut Widhiati (2008) adanya perlakuan aktivasi dengan mineral asam dapat mengurangi oksida alkali dan alkali tanah seperti Na_2O , K_2O , MgO , dan CaO karena telah terjadi substitusi ion H^+ sehingga menyebabkan bertambahnya situs H^+ (asam Brønsted) pada Ca-

Bentonit. Aktivasi dengan asam pada konsentrasi tertentu juga dapat menyebabkan larutnya aluminium atau *dealuminasi* yang pada akhirnya dapat membentuk situs asam Lewis Al_3^+ .

Karakterisasi pH *suspensi solid* bertujuan untuk menghitung pH atau keasaman ion-ion permukaan Ca-Bentonit alam dan Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M yang larut dalam air. Keasaman ion-ion permukaan ini dipengaruhi oleh banyaknya jumlah H^+ yang larut dalam air. Berdasarkan Tabel 2 bahwa Ca-Bentonit alam memiliki pH yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan pH Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M. Tingginya pH Ca-Bentonit alam disebabkan oleh belum adanya penambahan ion H^+ kedalam Ca-Bentonit tersebut. Kemudian rendahnya pH dari Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M disebabkan karena sudah adanya penambahan situs aktif H^+ dari H_2SO_4 1 M ke dalam Ca-Bentonit alam.

Karakterisasi *bulk density* merupakan kepadatan solid material yaitu perbandingan massa kering material terhadap volumenya termasuk pori-pori yang terdapat didalamnya. Semakin tinggi nilai *bulk density* maka semakin tinggi kepadatan suatu material yang berarti semakin sulit untuk ditembus atau dimasuki oleh suatu adsorbat. Berdasarkan Tabel 2 bahwa Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M memiliki massa jenis yang relatif lebih kecil hal ini diakibatkan oleh proses aktivasi asam menggunakan H_2SO_4 1 M yang menyebabkan proses *dealuminasi* terjadi.

Karakterisasi *%moisture* menunjukkan bahwa semakin besar nilai *%moisture* maka semakin besar pula jumlah molekul air yang terkandung pada suatu material sehingga menurunkan luas permukaan pori-pori material semakin kecil karena tertutupi oleh adsorbat yaitu ion atau molekul H_2O serta ion-ion lainnya penyusun adsorbat tersebut. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan

bahwa Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan Ca-Bentonit alam. Hal tersebut disebabkan oleh kadar air dari Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M berkurang pada saat aktivasi yaitu pada saat proses pengeringan dengan oven pada suhu $110^\circ C$ sehingga pada suhu tersebut air menguap sehingga kadar *%moisture* turun.

Karakterisasi *swelling indeks* bertujuan untuk mengetahui tingkat perekahan dari struktur antar lapis Ca-Bentonit alam dan Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai *swelling indeks* lebih tinggi ditunjukkan oleh Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M. Dalam penelitian ini *swelling* yang tinggi dari Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M dibandingkan Ca-Bentonit alam disebabkan karena ada penambahan larutan H_2SO_4 1 M, sehingga mampu meningkatkan nilai *basal spacing*. Dengan kata lain ion H^+ dari H_2SO_4 1 M dan ion amonium dari urin sapi berhasil mengisi struktur pori-pori pada lapisan *interlayer* atau ruang antarlapis sehingga menyebabkan *basal spacing* meningkat.

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Maksimum

Berdasarkan hasil analisis bahwa setelah dilakukan proses adsorpsi selama 2 jam terhadap amonium urin sapi dengan Ca-Bentonit alam yaitu sampel A kemudian Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M yaitu sampel B dalam berbagai variasi konsentrasi urin (v/v)% sebesar 5, 10, 15, 20, dan 25% menunjukkan nilai absorbansi menurun yaitu sebelum di adsorpsi dengan sesudah di adsorpsi. Hal ini menunjukkan bahwa amonium berhasil terperangkap dalam permukaan maupun struktur pori-pori adsorben yaitu Ca-Bentonit alam maupun Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M.

Tabel 3. Data Kapasitas Adsorpsi Ca-Bentonit Alam dan Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1 M.

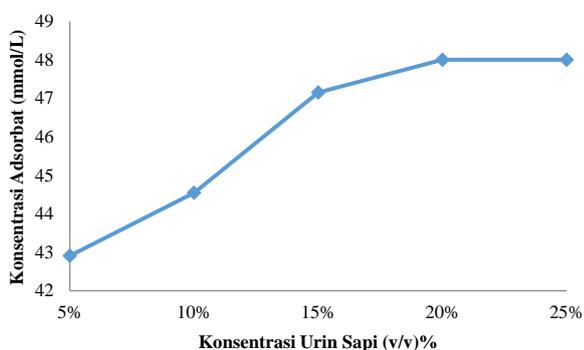
Sampel	Absorbansi			Konsentrasi		Amonium teradsorpsi (X_m/m) (mg/g)
	Sebelum Adsorpsi (A_0)	Sesudah Adsorpsi (A_1)	A_0-A_1	Filtrat (C_e) (mmol/L)	Adsorbat (C_a) (mmol/L)	
A ₁ (5%)	0,876	0,168	0,708	10,1818	42,9091	77,2325
A ₂ (10%)	0,909	0,174	0,735	10,5455	44,5455	80,1762
A ₃ (15%)	0,967	0,189	0,778	11,4545	47,1515	84,8685
A ₄ (20%)	0,991	0,199	0,792	12,0606	48,0000	86,3948
A ₅ (25%)	0,998	0,206	0,792	12,4848	48,0000	86,3948
B ₁ (5%)	0,888	0,162	0,726	9,8182	44,0000	79,1960
B ₂ (10%)	0,910	0,168	0,742	10,1818	44,9697	80,9414
B ₃ (15%)	0,968	0,181	0,787	10,9697	47,6970	85,8485
B ₄ (20%)	0,992	0,187	0,805	11,3333	48,7879	87,8129
B ₅ (25%)	0,997	0,193	0,804	11,6970	48,7273	87,7047

Menurut Ceyhan dan Baybas (1999) yaitu kapasitas adsorpsi meningkat disebabkan karena adanya interaksi *hidrofobik* diantara molekul yang diadsorpsi dengan ion-ion dari zat pengaktivasi. Semakin banyak kation anorganik yang digantikan

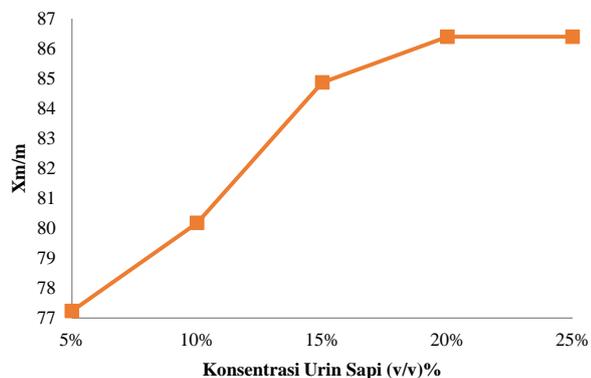
oleh kation organik, permukaan semakin berubah dari *hidrofilik* menjadi organofilik (*hidrofobik*), sehingga kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi zat organik atau anion semakin meningkat. Selain itu dalam penelitian ini juga terjadi penurunan kapasitas

adsorpsi. Hal ini mengindikasikan bahwa interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat mengalami *entrapment* (fisisorpsi). *Entrapment* merupakan keadaan dimana adsorben telah jenuh mengadsorpsi amonium dimana adsorbat yang sudah terperangkap didalam adsorben memenuhi struktur permukaan serta pori-pori adsorben. Akhirnya adsorbat yang tidak bisa masuk kedalam pori-pori akan terlepas kembali, sehingga kemampuan adsorpsi menurun.

Penentuan puncak adsorpsi maksimum Ca-Bentonit alam digambarkan dengan grafik yang menghubungkan konsentrasi urin (v/v)% dengan konsentrasi adsorbat (mmol/L) amonium urin (C_a) sapi pada Gambar 3 dan grafik yang menghubungkan antara konsentrasi urin (v/v)% dengan massa amonium teradsorpsi per 1 gram adsorben Ca-Bentonit alam (X_m/m) pada Gambar 4.

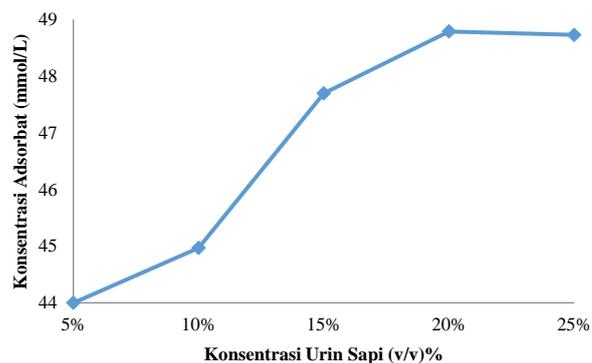


Gambar 3. Grafik Hubungan Konsentrasi Urin Sapi (v/v)% dengan Konsentrasi Adsorbat (mmol/L) oleh Ca-Bentonit Alam (C_a).

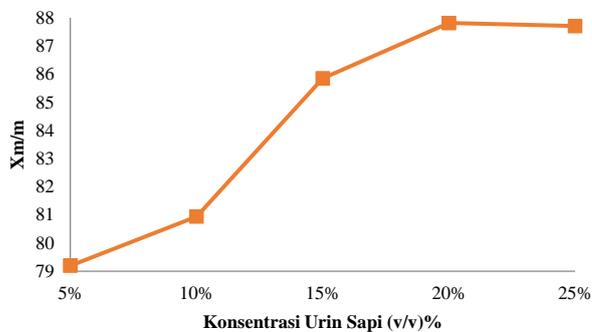


Gambar 4. Grafik Hubungan Konsentrasi Urin Sapi (v/v)% dengan Massa Amonium Teradsorpsi per 1 gram Ca-Bentonit alam (X_m/m).

Penentuan puncak adsorpsi maksimum Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M digambarkan dengan grafik yang menghubungkan konsentrasi urin (v/v)% dengan konsentrasi adsorbat (mmol/L) amonium urin sapi (C_a) pada Gambar 5 dan grafik hubungan konsentrasi urin (v/v)% dengan massa amonium teradsorpsi per 1 gram Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M (X_m/m) pada Gambar 6.



Gambar 5. Kurva Hubungan Konsentrasi Urin Sapi (v/v)% dengan Konsentrasi Adsorbat (mmol/L) oleh Ca-Bentonit Teraktivasi H_2SO_4 1 M (C_a).



Gambar 6. Grafik Hubungan Konsentrasi Urin Sapi (v/v)% dengan Massa Amonium Teradsorpsi per 1 gram Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M (X_m/m).

Konsentrasi adsorbat dan massa amonium yang teradsorpsi per 1 gram adsorben antara Ca-Bentonit alam dengan Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M yaitu lebih besar dialami oleh Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi dari Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M yaitu lebih baik dibandingkan dengan Ca-Bentonit alam dimana kapasitas adsorpsi maksimum Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M yaitu sebesar 48,7879 mmol/L atau 87,8129 mg/g. Kemampuan adsorpsi dari adsorben ini dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia dari adsorben (luas permukaan, ukuran pori, dan komposisi kimia), sifat fisik dan kimia adsorbat (ukuran, kepolaran, dan komposisi kimia molekul), konsentrasi adsorbat dalam fase cair, serta karakteristik fase cair (pH dan suhu).

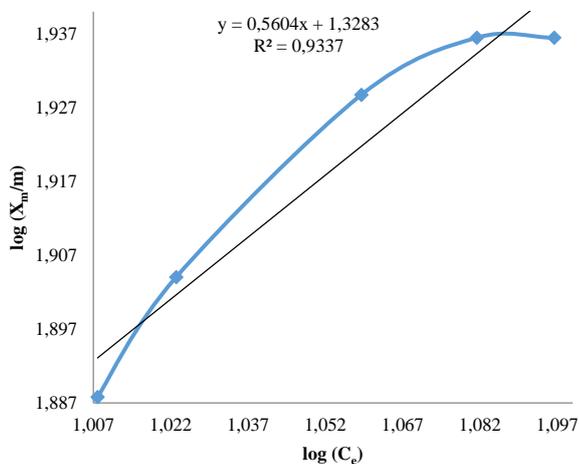
Uji Isoterm Adsorpsi

Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi setimbang amonium yang direaksikan terhadap jumlah amonium yang diadsorpsi oleh adsorben pada suhu kamar dimana dengan bertambahnya konsentrasi adsorbat yang diinteraksikan, maka jumlah amonium yang teradsorpsi pada adsorben semakin bertambah. Pola isoterm ini memperlihatkan afinitas yang relatif tinggi antara adsorbat dengan adsorben pada tahap awal dan selanjutnya konstan.

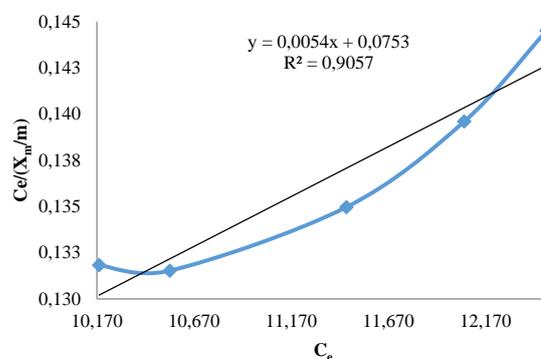
Tabel 4. Data Perhitungan Isoterm Adsorpsi.

Sampel	X_m/m	Konsentrasi setimbang (C_e) (mmol/L)	$C_e/(X_m/m)$	$\log(C_e)$	$\log(X_m/m)$
A ₁ (5%)	77,2325	10,1818	0,1318	1,0078	1,8878
A ₂ (10%)	80,1762	10,5455	0,1315	1,0231	1,9040
A ₃ (15%)	84,8685	11,4545	0,1350	1,0590	1,9287
A ₄ (20%)	86,3948	12,0606	0,1396	1,0814	1,9365
A ₅ (25%)	86,3948	12,4848	0,1445	1,0964	1,9365
B ₁ (5%)	79,1960	9,8182	0,1240	0,9920	1,8987
B ₂ (10%)	80,9414	10,1818	0,1258	1,0078	1,9082
B ₃ (15%)	85,8485	10,9697	0,1278	1,0402	1,9337
B ₄ (20%)	87,8129	11,3333	0,1291	1,0544	1,9436
B ₅ (25%)	87,7047	11,6970	0,1334	1,0681	1,9430

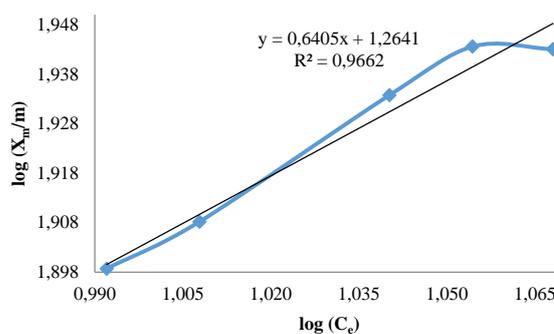
Proses adsorpsi amonium urin sapi oleh Ca-Bentonit merupakan hasil dari mekanisme *entrapment* yang menunjukkan interaksi antara adsorben dan adsorbat adalah secara *fisisorpsi*. Berdasarkan pada jenis gaya tariknya, adsorpsi *fisisorpsi* merupakan adsorpsi fisik yang melibatkan gaya *van der Waals* (Alberty dan Silbey, 1992). Hal tersebut dibuktikan dengan menggunakan pendekatan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich untuk mengetahui jenis ikatan yang terjadi antara adsorben yaitu Ca-Bentonit alam dan Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M dengan adsorbat yaitu urin sapi.



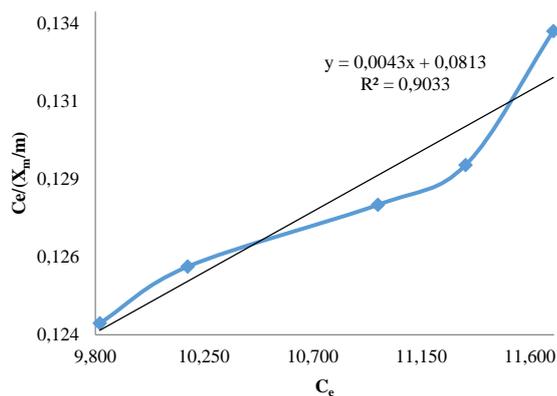
Gambar 7. Grafik Persamaan Freundlich Ca-Bentonit Alam.



Gambar 8. Grafik Persamaan Langmuir Ca-Bentonit Alam.



Gambar 9. Grafik Persamaan Freundlich Ca-Bentonit Teraktivasi H₂SO₄ 1 M.



Gambar 10. Grafik Persamaan Langmuir Ca-Bentonit Teraktivasi H₂SO₄ 1 M.

Pengujian persamaan adsorpsi Freundlich dan Langmuir dibuktikan dengan persamaan regresi linear yang baik dan mempunyai harga koefisien determinasi R^2 yaitu $\geq 0,9$ (mendekati angka 1). Apabila linearitas isoterm Langmuir lebih besar dari Freundlich, maka adsorpsi amonium urin sapi mengikuti tipe Langmuir. Sebaliknya jika isoterm Freundlich lebih besar dari Langmuir, maka adsorpsi amonium urin sapi oleh Ca-Bentonit mengikuti tipe isoterm Freundlich.

Persamaan adsorpsi isoterm yang dihasilkan terlihat bahwa persamaan adsorpsi isoterm Ca-Bentonit alam maupun Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M menunjukkan linearitas yang baik dimana nilai R^2 mendekati 1 yaitu Gambar 7 $R^2=0,933$, Gambar 8 $R^2=0,905$, Gambar 9 $R^2=0,966$, dan Gambar 10 $R^2=0,903$. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan Freundlich dan Langmuir dapat diterapkan pada proses adsorpsi amonium urin sapi oleh Ca-Bentonit. Berdasarkan nilai R^2 tersebut, linearitas isoterm Freundlich Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M memiliki nilai paling besar artinya adsorpsi urin sapi oleh adsorben Ca-Bentonit mengikuti pola persamaan isoterm Freundlich.

Freundlich disebut juga adsorpsi fisika yang terjadi bila gaya intramolekul lebih besar dari gaya tarik antarmolekul. Isoterm Freundlich menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi antara Ca-Bentonit dan urin sapi adalah ikatan *van der Waals*. Ikatan *van der Waals* terjadi antara adsorbat yaitu amonium urin sapi yang terperangkap ke dalam rongga atau pori-pori dari adsorben yaitu Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M. Ikatan *van der Waals* terjadi karena perbedaan energi atau gaya tarik-menarik elektrik (gaya *van der Waals*) sehingga molekul-molekul adsorbat secara fisik terikat pada molekul adsorben. Jenis adsorpsi ini umumnya adalah lapis ganda (*multilayer*) dalam hal ini molekul terbentuk diatas lapisan-lapisan yang proporsional dengan konsentrasi kontaminan. Adsorpsi secara fisik ini bersifat dapat balik (reversibel) yang artinya atom-atom atau ion-ion yang terikat dapat dilepaskan kembali dengan bantuan pelarut tertentu yang sesuai dengan sifat ion yang diikat. Atau dengan kata lain adsorbat terikat secara lemah pada permukaan adsorben sehingga mampu bergerak atau berpindah dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lain (Giequel dan Laplanche, 1997).

Kemudian efisiensi adsorpsi amonium urin sapi pada Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M ditunjukkan dengan semakin meningkatnya konsentrasi amonium yang teradsorpsi sampai pada konsentrasi optimum, sampai pada akhirnya amonium urin sapi yang teradsorpsi cenderung tidak bertambah atau bahkan berkurang dengan meningkatnya konsentrasi sampel. Hal ini terjadi karena permukaan adsorben sudah dalam keadaan jenuh dengan ion-ion amonium urin sapi, dimana pusat aktif sudah tidak mampu lagi menampung ion amonium urin sapi karena rongga atau pori-pori sudah tertutup. Sehingga peningkatan dosis adsorbat relatif tidak akan meningkatkan penyerapan ion amonium urin sapi oleh adsorben (Atkins, 1999).

Kemudian persamaan garis linier dari persamaan adsorpsi isoterm Ca-Bentonit alam maupun Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M yang sudah diperoleh, dapat ditentukan harga konstanta Langmuir dan Freundlich seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Harga Konstanta Freundlich dan Langmuir.

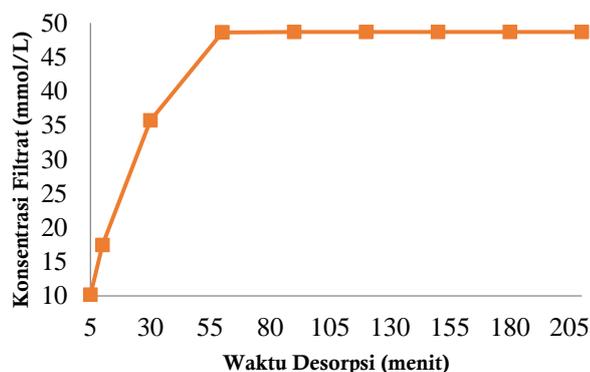
Sampel	Harga Konstanta			
	Langmuir		Freundlich	
	a	b	n	k
Ca-Bentonit Alam	200,00000	0,06667	1,78571	21,28139
Ca-Bentonit Aktivasi	250,00000	0,04938	1,56250	18,36538

Penentuan daya adsorpsi maksimum Ca-Bentonit pada proses adsorpsi amonium urin sapi dihitung dengan menggunakan persamaan adsorpsi Freundlich karena dilakukan terhadap struktur lapisan tunggal zat yang teradsorpsi dari amonium pada setiap permukaan Ca-Bentonit dalam satuan mg amonium teradsorpsi per 1 gram adsorben Ca-Bentonit. Menurut Handayani dan Sulistiyono (2009) model persamaan Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan sisi bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap sisi dimana proses adsorpsi di tiap-tiap sisi adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir. Sehingga berdasarkan pernyataan tersebut maka penentuan daya adsorpsi maksimum Ca-Bentonit pada proses penyerapan amonium urin sapi dihitung menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir karena dilakukan terhadap lapisan zat tunggal yang teradsorpsi dari ion amonium pada setiap permukaan Ca-Bentonit dalam satuan mg ion amonium yang teradsorpsi per gram adsorben Ca-Bentonit. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya adsorpsi maksimum adalah 250 mg/g.

Uji Slow Release Material

Uji kinerja Ca-Bentonit sebagai material lepas lambat (*slow release material*) pupuk organik urin sapi dilakukan dengan metode desorpsi dan digunakan spektrometer UV/Vis untuk menentukan absorbansi filtrat. Absorbansi filtrat ditentukan menggunakan panjang gelombang 600-650 nm dengan interval 2 nm. Sampel desorpsi adalah Ca-Bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M

pada adsorpsi maksimum konsentrasi (v/v)% larutan urin sapi 20%. Dalam proses desorpsi ini digunakan akuades sebagai pelarutnya dengan variasi waktu desorpsi 5, 10, 30, 60, 90, 120, 150, 180, dan 210 menit. Setelah dilakukan desorpsi, dihasilkan absorbansi filtrat sehingga dapat ditentukan konsentrasi filtrat dengan memplotkan absorbansi yang diperoleh pada persamaan kurva standar.



Gambar 11. Grafik Hubungan Waktu Desorpsi dengan Konsentrasi Filtrat Desorpsi pada Panjang Gelombang Maksimum 636 nm.

Berdasarkan Gambar 11 terlihat bahwa pada saat dilakukan desorpsi selama 5 menit, amonium yang keluar dari Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M sebesar 10,1818 mmol/L. Kemudian pada saat waktu desorpsi ditingkatkan menjadi 10 menit maka amonium yang keluar juga meningkat sebesar 17,4545 mmol/L. Pada saat waktu desorpsi selama 30 menit amonium yang keluar sebesar 35,6970 mmol/L. Dan pada waktu desorpsi 60 menit sampai 210 menit, amonium yang keluar sebesar 48,6667 mmol/L. Sehingga pada waktu 60 menit sampai 210 menit, amonium yang keluar dari Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M mengalami titik jenuh atau kesetimbangan. Dengan kata lain, konsentrasi amonium yang keluar dari adsorben Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M pada proses desorpsi sebesar 48,6667 mmol/L merupakan puncak desorpsi yang terjadi pada waktu desorpsi 60 menit.

Dilihat dari pola yang terbentuk pada Gambar 11 grafik hubungan antara waktu desorpsi dengan konsentrasi filtrat dari proses desorpsi, maka jelas bahwa mulai dari waktu terendah yaitu 5 menit sampai waktu tertinggi yaitu 210 menit, amonium yang keluar dari adsorben yaitu secara bertahap. Sehingga meskipun intensitas amonium yang keluar dari adsorben relatif begitu cepat, namun bisa dikatakan bahwa Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M yaitu sebagai pengembun pupuk organik urin sapi serta memiliki potensi sebagai material lepas lambat (*slow release material*).

Intensitas amonium urin sapi yang keluar dari adsorben yaitu secara bertahap dan relatif cepat, hal ini menandakan bahwa material adsorben yang digunakan memiliki pori-pori dalam dan pori-pori luar. Kemudian perlakuan terhadap proses desorpsi yang digunakan mempengaruhi waktu keluarnya adsorbat dari dalam pori-pori adsorben. Dalam penelitian ini proses pelepasan

adsorbat dilakukan dengan proses pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* tanpa berhenti sampai batas waktu yang ditentukan, sehingga hal inilah yang menyebabkan adsorbat mudah sekali terlepas dari adsorben. Selain itu ikatan yang terjadi antara adsorbat dan adsorben yaitu terjadi yaitu ikatan fisik (fisiosorpsi) sehingga bersifat dapat balik (reversibel).

Selanjutnya apabila diperhatikan, puncak desorpsi pada waktu 60 menit yaitu konsentrasi amonium urin yang keluar dari Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M sebesar 48,6667 mmol/L yaitu lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi optimum pada proses adsorpsi amonium urin sapi sampel B₄ dengan konsentrasi (v/v)% sampel urin sebesar 20% menghasilkan konsentrasi adsorbat sebesar 48,7879 mmol/L. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu antara lain variasi waktu desorpsi yang digunakan serta keadaan bentuk struktur pori-pori Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M.

Waktu desorpsi mempengaruhi jumlah konsentrasi adsorbat (amonium urin sapi) yang keluar dari struktur pori-pori Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M. Semakin besar atau lama waktu desorpsi maka akan memperbesar interaksi yang terjadi antara adsorbat didalam pori-pori adsorben dengan pelarut yang digunakan (Alberty dan Silbey, 1992).

Ca-Bentonit alam merupakan material berpori (*porous material*) dimana pori-pori yang dimiliki oleh Ca-Bentonit alam sebagian besar tersusun atas pori-pori terbuka (*open porous*) dan sebagian kecil pori-pori tertutup (*closed porous*) sehingga bentonit merupakan mineral alam yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Struktur pori-pori material berlapis terdiri dari beberapa bentuk yaitu bentuk silindris terbuka (*open-ended cylindrical*), celah antara dua bidang paralel (*slit-shape*), dan botol tinta (*ink-bottle*). Penentuan bentuk pori-pori dipengaruhi oleh struktur geometri dari suatu material berpori dalam hal ini Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M dimana Ca-Bentonit alam sendiri memiliki bentuk pori yaitu celah antara dua bidang paralel (*slit-shape*). Struktur pori tersebut akan berubah bentuk menjadi lebih rumit dan bercabang-cabang setelah dilakukan aktivasi yang menyebabkan kotoran yang menutupi pori-pori akan terbuka dan mampu membuat pori-pori baru (Grim, 1968).

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Ca-Bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M memiliki kemampuan adsorpsi lebih baik terhadap urin sapi dengan konsentrasi adsorbat sebesar 48,7879 mmol/L pada konsentrasi urin 20% (v/v)% dibandingkan dengan Ca-Bentonit alam dengan konsentrasi adsorbat 48,0000 mmol/L pada konsentrasi urin 20% (v/v)%.

Daftar Pustaka

- Alberty RA, Silbey RJ. 1992. *Physical Chemistry*. Ed ke-1. New York: J Wiley
- Alemdaroglu T, Akkus G, Onal M, Sarikaya Y. 2003. Investigation of the Surface Acidity of A Bentonite Modified

- By Acid Activation and Thermal Treatment. *Turkey Journal of Chemistry* 27:675-681
- Atkins PW. 1999. *Kimia Fisika Jilid II*. Kartohadiprodjo, penerjemah; Rohhadyan Utama T, editor. Oxford University Press. Terjemahan dari: *Physical Chemistry*
- Ceyhan O, Baybas D.1999. Adsorption of Some Textile Dyes by Hexadecyltrimethyl Ammonium Bentonite. *Turkey Journal of Chemistry* 25: 193-200
- Chen, Liang. 2016. Environmental-friendly Montmorillonite-Biochar Composites: Facile Production and Tunable Adsorption-Release of Ammonium and Phosphate. State Key Laboratory of Chemical Resource Engineering, Beijing University of Chemical Technology.
- Duka, S. and Cullaj, A., 2010. An optimal procedure for ammonia nitrogen analysis in natural water using indophenol blue method, *Nature Montenegrina*, 9(3):743-751
- Giequel, L., Wolbert, D., & Laplanche, A. 1997. Adsorption of antrazine by powdered activated carbon; Influence of dissolved organic and mineral matter of natural water. *Environmental Science and Technology*, 18. 467-478
- Komadel, A. 2003. Chemically Modified Smectites, *Slovak academy of Sciences, Slovakia. Rev.*3, 121-122
- Mahmudha, Siti., Nugraha, Irwan. 2016. Pengaruh Penggunaan Bentonit Teraktivasi Asam Sebagai Katalis Terhadap Peningkatan Kandungan Senyawa Isopulegol Pada Minyak Sereh Wangi Kabupaten Gayo Lues-Aceh. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Yogyakarta
- Priambodo, Norra Gus. 2014. Pemurnian Minyak Nilam Menggunakan Bentonit Teraktivasi Asam Klorida. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- R.E., Grim. 1968. *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York
- R.E., Grim. 1978. *Bentonites: Geology, Mineralogy, Properties and Uses*. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam
- Scoonheydt, R.A dan Johnston, C.T. dalam Bergaya, F. Theng, B.K.G dan Lagaly, G. 2006. *Handbook of Clay Science Development in Clay Science*. Elsevier. Ltd. 87-113
- Sukandarrumidi. 1999. *Bahan Galian Industri*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Syuhada, Rahmat W, Jayatin, Saeful R. 2009. Modifikasi Bentonite (Clay) Menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi* 2:1
- Widihati, I.A. Gede. 2008. Adsorpsi Anion Cr(VI) oleh Batu Pasir Teraktivasi Asam dan Tersalut Fe₂O₃. *Jurnal Kimia* 2 (1), Januari 2008: 25-30
- Widyaningsih, Janti. 2009. Adsorpsi dan Desorpsi Ion Kromium (VI) pada Bentonit yang Dimodifikasi Heksadesil Trimetilamonium Bromida. Bogor: IPB Press

THIS PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK