



**EFEKTIVITAS BENTONIT TERAKTIVASI
SEBAGAI PENURUN KADAR ION FOSFAT DALAM
PERAIRAN**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia

oleh

Indah Puji Lestari

4311411033

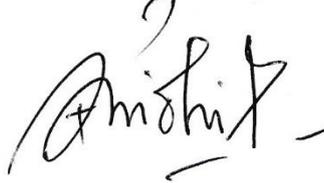
**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang

Semarang, 4 Agustus 2015

Pembimbing I



F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si

NIP. 196912171997022001

Pembimbing II



Dr. Sri Haryani, M.Si

NIP. 195808081983032002

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 10 Agustus 2015



Indah Puji Lestari

4311411033

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Efektivitas Bentonit Teraktivasi sebagai Penurun Kadar Ion Fosfat dalam Perairan

disusun oleh

Indah Puji Lestari

4311411033

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 11 Agustus 2015

Panitia Ujian:

Ketua



Prof. Dr. Wiyanto, M.Si
196310121988031001

Sekretaris

Dra. Woro Sumarni, M.Si
196507231993032001

Ketua Penguji

Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si
196904041994021001

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama
Pendamping

F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si
196912171997022001

Anggota Penguji/
Pembimbing

Dr. Sri Haryani, M.Si
195808081983032002

MOTTO

1. Hal-hal besar tidak tercapai secara tiba-tiba, melainkan melalui perpaduan dari serentetan hal-hal kecil yang dilakukan dengan baik dan sempurna (Vincent Van Gogh).
2. Ujian bagi orang sukses bukanlah pada kemampuannya untuk mencegah munculnya masalah, tetapi pada waktu menghadapi dan menyelesaikan setiap kesulitan saat masalah itu terjadi (David J. Schwartz).

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan

kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta
2. Keluarga yang selalu memberi semangat
3. Sahabat dan teman-teman terbaik

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan hidayah kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul *Efektivitas Bentonit Teraktivasi sebagai Penurun Kadar Ion Fosfat dalam Perairan* dengan baik.

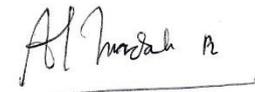
Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, fasilitas, semangat serta dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada Pembimbing Utama. F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Dr. Sri Haryani, M.Si., yang telah memberikan bimbingan, arahan, petunjuk serta semangat kepada penulis. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
3. Agung Tri Prasetya M.Si selaku Penguji utama yang telah memberikan saran, masukan serta arahan agar skripsi ini bisa lebih baik lagi
4. Dosen-dosen Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis
5. Segenap Karyawan dan Staf Laboratorium Kimia FMIPA UNNES yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini
6. Kakakku Ambar Wijayanti, Devy Dwi F dan keluarganya yang telah memberikan semangat

7. Lucky Yudiantoro yang telah memberikan semangat tak terhingga saat berada pada titik jenuh dalam penyusunan skripsi ini
8. Sahabatku Naelatuz zuhroh, Anggraeni M.S. Uma Fadzilia A, Wardatul Khoiriyah, Susanti, Rika Desita, Ari Setiani, Ari Vitri W, Yuni Karlina, yang telah menjadi teman seperjuangan, penemangat dan tempat berkeluh kesahku selama penelitian hingga tersusunnya skripsi ini.
9. Teman-teman prodi Kimia 2011 yang telah berbagi suka dan duka selama masa kuliah.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, baik di masa ini maupun masa mendatang.

Semarang, Agustus 2015



Indah Puji Lestari

ABSTRAK

Lestari, I. P. 2015. *Efektivitas Bentonit Teraktivasi sebagai Penurun Kadar Ion Fosfat dalam Perairan*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Dr. Sri Haryani, M.Si.

Kata Kunci: Adsorpsi, Bentonit teraktivasi, Kapasitas adsorpsi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas bentonit teraktivasi kimia dan fisika dalam menurunkan kadar ion fosfat dalam perairan menggunakan metode adsorpsi. Bentonit alam turut disertakan dalam penelitian ini dan berfungsi sebagai kontrol pada penelitian ini. Proses aktivasi bentonit secara kimia dilakukan dengan perendaman menggunakan asam sulfat 2 M selama 24 jam. Proses aktivasi bentonit secara fisika dilakukan dengan pemanasan dalam furnace pada suhu 350⁰C selama 3 jam. Bentonit hasil preparasi dikarakterisasi menggunakan SAA dan XRD. Hasil karakterisasi bentonit hasil preparasi menunjukkan bahwa bentonit mengandung mineral montmorillonit, kuarsa dan kaolin. Hasil aktivasi kimia tidak mengakibatkan perubahan struktur kristal bentonit alam namun mengakibatkan pergeseran difraktogram dari masing-masing mineral penyusun bentonit. Hasil aktivasi fisika mengakibatkan perubahan struktur kristal bentonit yang semula berbentuk amorf menjadi bentuk kristal (kristalinitas tinggi), serta muncul puncak difraktogram baru pada 2 theta 20⁰-30⁰ yang cukup tinggi sebagai karakteristik mineral kaolin. Kondisi optimum adsorpsi dicari dengan menentukan waktu kontak optimum serta konsentrasi awal optimum. Berdasarkan kondisi optimum adsorpsi, kapasitas adsorpsi dapat ditentukan yaitu dengan menggunakan isoterm adsorpsi. Berdasarkan hasil penelitian bentonit teraktivasi kimia berukuran 100 mesh memiliki kapasitas adsorpsi paling besar dibandingkan dengan bentonit teraktivasi fisika. Kondisi optimum proses adsorpsi bentonit teraktivasi kimia berukuran 100 mesh yaitu pada waktu kontak 180 menit pada konsentrasi 110 ppm dan memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 7,0323 mg/g. Proses adsorpsi pada bentonit hasil preparasi termasuk adsorpsi kimia dan mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir. Bentonit hasil optimasi pada penelitian ini diaplikasikan secara langsung untuk menurunkan kadar fosfat dalam perairan sawah. Bentonit teraktivasi kimia mampu menurunkan kadar fosfat rata-rata sebesar 3,2043 ppm atau 9,057 %. Massa bentonit yang digunakan adalah 0,1 g, dan daya serap rata-ratanya sebesar 0,79814 mg/g.

ABSTRACT

Lestari, I. P. 2015. *The effectiveness of activated bentonite as lowering the levels of phosphate ion in waters*. Thesis, Chemistry Department, Chemistry Stud Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State University. 1st Advisor: F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si. And 2nd Advisor: Dr. Sri Haryani, M.Si. Keywords : adsorption, , bentonite active, adsorption capacity.

This research aims to know the effectiveness of bentonite which chemistry activation and physics activation, activated in lowering the levels of phosphate ion in waters using adsorption method. Natural bentonite are included in this research and serves as a control in this study. The activation process of bentonite in chemistry submersion is done by using sulfuric acid 2 M for 24 hours. The activation process of bentonite in Physics done by warming up in a furnace at a temperature of 350⁰C for 3 hours. The results of the preparation of bentonite are characterized using XRD and SAA. The results of the characterization of the bentonite preparation results showed that bentonite is containing minerals montmorillonit, quartz and kaolin. Results of chemical activation does not cause changes in the crystal structure of natural bentonite but a shift of difraktogram from each of the constituent minerals bentonite. Results of physical activation resulted in changes the crystal structure of bentonite initially amorphous form into crystalline form (high crystallinity), as well as emerging new diffractogram peak at 20⁰-30⁰ is high enough as kaolin mineral characteristics. Optimum adsoprsi conditions sought by determining the optimum concentration and optimum contact time. Based on the condition optimum adsorption, adsorption capacity can be determined by using the adsorption isotherm. Based on the results of the research, bentonite with chemical activation measuring 100 mesh has the greatest adsorption capacity, compared to bentonite with physics activation. Optimum conditions of adsorption process of bentonite with chemical activation measuring 100 mesh in contact time 180 minutes on a concentration of 110 ppm and has a adsorption capacity of 7,0323 mg/g. Process of adsorption on the results of bentonite preparation including the chemical adsorption and follow the Langmuir adsorption isotherm pattern. Bentonite optimization results in this research applies directly to lower levels of phosphate in the waters (rice fields). Bentonite with chemical activation capable of menurunan phosphate levels an average of 3,2043 ppm or 9,057%. Bentonite mass used is 0.1 g, and the average absorption of 0.79814 mg/g.

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB	
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	8
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Air Domestik	9
2.2 Bentonit	11
2.3 Aktivasi Bentonit	14
2.4 Adsorpsi	16
2.4.1 Jenis Adsorpsi	17
2.4.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi	18
2.4.3 Isoterm Adsorpsi	18
2.5 Fosfat	22
2.5.1 Keberadaan Fosfat dalam Air	22
2.5.2 Dampak Negatif Fosfat	23
2.5.3 Penentuan Kadar Fosfat	24
2.5.4 Larutan Campuran dalam Pengukuran Fosfat	25
2.6 Spektrofotometri UV-Vis	26
2.7 Difraktometri Sinar-X	29
2.8 <i>Surface Area Analyzer (SAA)</i>	31

3. METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian	34
3.2 Populasi dan Sampel	34
3.3 Alat dan Bahan	34
3.3.1 Alat	34
3.3.2 Bahan	35
3.4 Variabel Penelitian	36
3.4.1 Variabel Terikat	36
3.4.2 Variabel Bebas	36
3.4.3 Variabel Terkendali	36
3.5 Prosedur Kerja	37
3.5.1 Perlakuan Awal Bentonit Alam	37
3.5.2 Proses Aktivasi Bentonit	37
3.5.2.1 Aktivasi secara fisika	37
3.5.2.2 Aktivasi secara kimia	37
3.5.3 Penentuan Isoterm Adsorpsi Bentonit	38
3.5.3.1 Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi	38
3.5.3.2 Pengaruh konsentrasi awal asam fosfat terhadap adsorpsi	38
3.5.4 Analisis Fosfat dengan Spektrofotometer UV-Vis	39
3.5.4.1 Pengukuran panjang gelombang maksimum	39
3.5.4.2 Pembuatan kurva kalibrasi	39
3.5.4.3 Analisis ion fosfat dengan spektrofotometer UV-Vis	40
3.5.5 Aplikasi Bentonit pada Kondisi Optimum untuk Menurunkan Kadar Fosfat dalam Perairan	40
4. HASIL dan PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Preparasi Bentonit Teraktivasi Kimia dan Teraktivasi Fisika	41
4.2 Karakterisasi Bentonit	44
4.2.1 Identifikasi Menggunakan Difraksi Sinar-X	44
4.2.2 Hasil Karakterisasi Menggunakan SAA	47
4.3 Kondisi Optimum Adsorpsi Ion Fosfat Menggunakan Bentonit	50
4.3.1 Waktu Kontak Optimum	50

4.3.2 Konsentrasi Awal Optimum	54
4.3.3 Ukuran Partikel Optimum	56
4.4 Penentuan Isoterm adsorpsi masing-masing variasi bentonit	57
4.5 Variasi Bentonit yang Optimum Untuk Menurunkan kadar Fosfat dalam Perairan	59
4.6 Aplikasi Bentonit Hasil Optimasi dalam Menurunkan Kadar Fosfat dalam Perairan	60
5. KESIMPULAN dan SARAN	
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Spektrum Tampak dan Warna-warna Komplementer	28
3.1 Sifat fisik bentonit hasil preparasi	42
3.2 Data difraktogram mineral utama penyusun bentonit	44
3.3 Pergeseran Nilai 2θ difraktogram mineral penyusun bentonit	45
3.4 Data ukuran pori dan luas permukaan masing-masing variasi bentonit ..	47
3.5 Data daya serap bentonit pada masing-masing variasi penelitian	57
3.6 Penentuan isoterm adsorpsi, kapasitas adsorpsi, dan energi adsorpsi masing-masing variasi bentonit	59
3.7 Data penentuan kapasitas adsorpsi dalam aplikasi bentonit di perairan ..	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur kristal montmorillonite	13
2.2 Pola isoterm Langmuir	20
2.3 Pola isoterm Freundlich	21
4.1 Difraktogram bentonit A (tanpa aktivasi), bentonit B (aktivasi kimia) dan bentonit C (aktivasi fisika)	46
4.2 Perbandingan penentuan waktu kontak optimum bentonit A ₁ Vs bentonit A ₂	51
4.3 Perbandingan penentuan waktu kontak optimum bentonit B ₁ Vs bentonit B ₂	51
4.4 Perbandingan penentuan waktu kontak optimum bentonit C ₁ Vs bentonit C ₂	52
4.5 Perbandingan penentuan konsentrasi awal optimum bentonit A ₁ Vs bentonit A ₂	54
4.6 Perbandingan penentuan konsentrasi awal optimum bentonit B ₁ Vs bentonit B ₂	55
4.7 Perbandingan penentuan konsentrasi awal optimum bentonit C ₁ Vs bentonit C ₂	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Cara Kerja	67
2. Pembuatan Larutan	75
3. Hasil Karakterisasi Bentonit	79
4. Perhitungan Ukuran Ion Fosfat Menggunakan Aplikasi Marvin	104
5. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	105
6. Penentuan Isoterm Adsorpsi	107
7. Data dan Contoh Perhitungan Aplikasi Bentonit dalam Menurunkan Kadar Fosfat dalam Perairan	121
8. Dokumentasi	122

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang peranannya tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Beberapa peranan air dalam kehidupan diantaranya digunakan dalam bidang pertanian, perkebunan, perikanan dan yang terpenting adalah untuk dikonsumsi. Air yang digunakan untuk konsumsi tentunya memiliki kriteria tertentu sebelum dapat dikategorikan sebagai air untuk dikonsumsi. Kriteria dari air yang dapat dikonsumsi diantaranya baik secara fisik, kimia dan biologis. Dewasa ini air dalam perairan bisa saja mengandung unsur-unsur berbahaya baik berupa polutan biologis maupun polutan kimia yang menyebabkan kualitas air domestik semakin menurun.

Salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui adanya pencemaran air adalah adanya senyawa fosfat. Senyawa fosfat yang terdapat dalam air alam atau air limbah dapat berupa senyawa ortofosfat, polifosfat, dan fosfat organik, dimana setiap senyawa tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Sumber utama pencemaran fosfat yaitu 10% dari proses alamiah, 7% industri, 11% detergen, 17% pupuk pertanian, 23% limbah manusia, dan 32% dari limbah peternakan. Keberadaan fosfat yang berlebihan di badan air menyebabkan suatu fenomena eutrofikasi. Air dikatakan eutrofik jika konsentrasi total fosfor dalam air 35-100 $\mu\text{g/L}$. Kondisi eutrofik, sangat memungkinkan alga dan tumbuhan air berukuran mikro tumbuh berkembang biak

dengan cepat. Hal ini menyebabkan kualitas air menjadi sangat menurun, rendahnya konsentrasi oksigen terlarut bahkan sampai batas nol, dan menyebabkan kematian makhluk hidup air seperti ikan dan spesies lain. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar fosfat dalam air limbah adalah adsorpsi. Proses adsorpsi dapat menggunakan adsorben seperti karbon aktif, zeolit, kitin, kitosan, asam humat, fly ash juga bentonit (Hartanti, 2012). Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Zat yang diserap disebut adsorbat (fase terserap), sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben (Auliah, 2009).

Pada umumnya, orang mengenal lempung sebagai benda yang tidak terlalu bernilai. Padahal sebenarnya lempung memiliki kegunaan, diantaranya adalah berfungsi sebagai adsorben yang digunakan sebagai alternatif untuk mengatasi permasalahan limbah organik maupun limbah anorganik. Bentonit adalah jenis batuan hasil alterasi dari material-material, gelas, tuff, atau abu vulkanik. Bentonit tersusun oleh kerangka amino silikat dan membentuk struktur lapis, mempunyai muatan negatif merata di permukaannya dan merupakan penukar kation yang baik. Bentonit memiliki ciri khas kalau diraba seperti lilin dan teksturnya seperti sabun. Bagian dekat permukaan berwarna abu-abu dan menjadi terang pada waktu dikeringkan. Endapan di bawah permukaan berwarna abu-abu kebiruan, ada pula yang berwarna putih, coklat terang dan coklat kemerahan (Nurhayati, 2010).

Berbagai penelitian mengenai peranan bentonit sebagai adsorben dalam perairan telah banyak dilakukan. Auliah (2009), melakukan penelitian adsorpsi ion fosfat dalam perairan dengan menggunakan lempung teraktivasi. Hasil dari penelitian ini, diketahui bahwa bentonit yang telah diaktivasi dengan pemanasan

pada suhu 350°C selama 3 jam mampu mengadsorp fosfat dalam larutan fosfat sebanyak 0,8197 mg/g. Proses aktivasi fisik yang dilakukan hanya mampu mengadsorp larutan fosfat sebanyak 0,8197 mg/g menggunakan bentonit yang berasal dari Kabupaten Barru Sulawesi Selatan. Sehingga timbul pemikiran untuk melakukan adsorpsi dengan menggunakan bentonit dari tempat berbeda.

Penelitian lain dari Sahan *et al.*, (2012), melakukan penelitian mengenai penentuan daya jerap bentonit dan kesetimbangan adsorpsi bentonit terhadap ion Cu (II). Pada penelitian ini diperoleh daya jerap bentonit yang diaktivasi paling maksimal adalah 32,75 mg Cu(II)/g bentonit pada kondisi perlakuan berat bentonit 2,5 g, waktu adsorpsi 180 menit dan konsentrasi ion Cu(II) 60 ppm, penurunannya sekitar 54,58%. Sedangkan daya jerap bentonit pada waktu adsorpsi 240 menit lebih rendah dibandingkan dengan daya jerapnya pada waktu adsorpsi 180 menit. Keseimbangan adsorpsi ion Cu(II) oleh bentonit tercapai pada waktu 180 menit, dan model kesetimbangan adsorpsinya sesuai dengan Isoterm Langmuir, artinya adsorpsi ion Cu(II) oleh bentonit terjadi secara kimia yaitu mungkin terjadi reaksi pertukaran ion dengan panas reaksi 21,038 kcal/mol.K. Penelitian ini, memaparkan perbandingan penentuan kapasitas bentonit teraktivasi fisik menggunakan isoterm langmuir, freundlich dan BET sehingga pembaca mampu membandingkan dan mempelajari ketiga isoterm tersebut untuk menghitung kapasitas adsorpsi bentonit.

Penelitian dari Kuroki *et al.*, (2014), melakukan penelitian mengenai penggunaan bentonit terinterkalasi La (III), sebagai penurun kadar ion fosfat dalam perairan. Dari penelitian ini, diketahui bahwa dengan menginterkalasi bentonit dengan La (III) pada waktu kontak 60 menit bentonit mampu menyerap 14 mg g^{-1}

fosfat dari larutan fosfat dengan konsentrasi 5 mg L^{-1} . Penelitian ini, menggunakan interkalasi menggunakan La (III) untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi bentonit yang digunakan, namun proses interkalasi kemungkinannya tidak terlalu besar untuk berhasil, sehingga peneliti tidak menggunakan interkalasi untuk mengadsorpsi ion fosfat dalam penelitian ini.

Penelitian oleh Sahara (2011), melakukan penelitian mengenai regenerasi lempung bentonit dengan NH_4^+ jenuh yang diaktivasi panas dan daya adsorpsinya terhadap Cr (III). Lempung bentonit dalam penelitian ini diaktivasi dengan asam sulfat 2 M mempunyai kapasitas adsorpsi sebesar 3,7815 mg/g. Penelitian ini, memberikan informasi bahwa aktivasi dengan asam sulfat dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari 2 M memberikan keasaman permukaan yang lebih kecil, sehingga peneliti tidak menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi diatas 2M sebagai aktivator bentonit dalam penelitian ini.

Berdasarkan beberapa uraian yang telah dipaparkan perlu dilakukan penelitian mengenai uji efektifitas aktivasi bentonit secara fisika dan aktivasi bentonit secara kimia dalam menurunkan kadar ion fosfat melalui metode adsorpsi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan bentonit yang diaktivasi dan yang belum diaktivasi dalam menurunkan kadar fosfat dalam perairan. Hasil penelitian ini akan diaplikasikan langsung ke perairan yang dimungkinkan mengandung fosfat dalam jumlah banyak, dengan variasi optimum yang didapatkan dari penelitian ini.

Jenis limbah skala laboratorium yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari KH_2PO_4 . Padatan ini dipilih karena dalam bentuk larutan (dilarutkan dengan

aquades) akan mengurai menjadi H_2PO_4^- yang merupakan fraksi dari ion fosfat yang ada dalam perairan alami. Larutan ini dipilih agar sampel yang digunakan dalam penelitian sama dengan keberadaan fosfat dalam lingkungan sehingga tidak terjadi kesalahan pengukuran. Fraksi fosfat yang lainnya tidak digunakan dikarenakan protonasi sempurna dari ion ortofosfat menghasilkan H_3PO_4 yang mempunyai nilai $\text{pK}_1 = 2,17$; $\text{pK}_2 = 7,31$; dan $\text{pK}_3 = 12,36$ (Keenan, 1992).

Jenis adsorben yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentonit. Menurut Widihati (2012), bentonit adalah istilah yang digunakan dalam dunia perdagangan untuk tanah lempung yang mengandung lebih dari 80% montmorillonit. Mineral montmorillonit merupakan mineral lempung yang penyebarannya paling luas dan bersifat unik karena memiliki kemampuan mengembang (*swelling*), kapasitas tukar kation yang tinggi, dan dapat diinterkalasi. Menurut Permanasari *et al.*, (2011), bentonit memiliki kapasitas adsorpsi yang besar terhadap senyawa anorganik dan logam-logam berat.

Bentonit yang akan digunakan sebagai adsorben pada penelitian ini diaktivasi lebih dahulu. Menurut Yulianti (2003), proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar kemampuan adsorpsi dengan mekanisme penghilangan senyawa pengotor yang melekat pada permukaan dan pori-pori adsorben dengan cara fisika maupun kimia. Proses aktivasi dapat menaikkan luas permukaan dalam menghasilkan volume pori yang besar dan berasal dari kapiler-kapiler yang sangat kecil dan mengubah permukaan dalam struktur pori.

Para ilmuwan telah lama menggunakan warna sebagai bantuan dalam mengenali dan menghitung zat-zat kimia terlarut (seperti fosfat). Zat yang

digunakan sebagai zat pembangkit warna dalam mengukur fosfat secara spektrofotometri menggunakan spektrofotometer UV-Vis adalah menambahkan larutan amonium molibdat $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ dan terbentuk kompleks fosfomolibdat yang berwarna biru. Kompleks tersebut selanjutnya direduksi dengan asam askorbat membentuk warna biru kompleks molibdenum. Intensitas warna yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi fosfor.

Metode spektrofotometri sinar tampak didasarkan pada penyerapan sinar tampak oleh suatu larutan berwarna. Larutan yang dapat dianalisis dengan metode ini hanya larutan senyawa berwarna. Senyawa yang tidak berwarna dapat dibuat berwarna dengan mereaksikannya dengan pereaksi yang menghasilkan senyawa berwarna (Aleart & Sumestri, 1984).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang disajikan diantaranya:

1. Bagaimanakah karakteristik bentonit hasil preparasi berdasarkan sifat fisik serta karakterisasinya menggunakan XRD dan SAA?
2. Berapa kondisi optimal (waktu kontak, konsentrasi awal) untuk adsorpsi ion fosfat menggunakan bentonit teraktivasi secara fisika, secara kimia dan bentonit yang belum diaktivasi?
3. Apa jenis adsorpsi dan model isoterm yang diikuti oleh proses adsorpsi bentonit dalam penelitian ini?
4. Bentonitmanakah yang paling tepat berdasarkan jenis aktivasi dan ukuran partikel untuk menurunkan kadar fosfat dalam perairan?

5. Bagaimanakah kemampuan bentonit hasil optimasi dalam menurunkan kadar fosfat dalam perairan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui karakteristik bentonit hasil preparasi berdasarkan sifat fisik serta karakterisasinya menggunakan XRD dan SAA.
2. Mengetahui kondisi optimal (waktu kontak, konsentrasi awal) untuk adsorpsi ion fosfat menggunakan bentonit teraktivasi secara fisika, teraktivasi secara kimia dan bentonit yang belum diaktivasi
3. Mengetahui jenis adsorpsi dan model isoterm adsorpsi yang diikuti oleh proses adsorpsi bentonit dalam penelitian ini.
4. Mengetahui bentonit yang tepat berdasarkan jenis aktivasi dan ukuran partikel untuk menurunkan kadar ion fosfat dalam perairan.
5. Mengetahui kemampuan bentonit hasil optimasi dalam menurunkan kadar fosfat dalam perairan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi karakteristik bentonit hasil preparasi berdasarkan sifat fisik serta karakterisasinya menggunakan XRD dan SAA.
2. Memberikan informasi mengenai proses aktivasi secara kimia dan secara fisika pada bentonit.

3. Memberikan informasi mengenai cara menentukan isoterm adsorpsi dan jenis adsorpsi pada bentonit.
4. Memberikan informasi tentang jenis aktivasi dan ukuran partikel bentonit yang tepat untuk menurunkan kadar ion fosfat dalam perairan.
5. Memberikan informasi mengenai kemampuan bentonit hasil optimasi dalam menurunkan kadar fosfat dalam perairan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Domestik

Air merupakan kebutuhan utama bagi setiap insan di permukaan bumi baik manusia, hewan, maupun tumbuh- tumbuhan. Setiap kegiatan mereka tidak lepas dari kebutuhan akan air, bahkan segala sesuatu yang hidup berasal dari air. Tubuh manusia itu sendiri, lebih dari 70% tersusun dari air, sehingga ketergantungannya akan air sangat tinggi. Manusia membutuhkan air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pertanian, industri, maupun kebutuhan domestik, termasuk air bersih. Hal ini berarti bahwa penambahan jumlah penduduk yang terus menerus terjadi, membutuhkan usaha yang sadar dan sengaja agar sumber daya air dapat tersedia secara berkelanjutan (Cholil, 1998).

Standar kebutuhan air ada 2 (dua) macam yaitu:

a. Standar kebutuhan air domestik Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari.

b. Standar kebutuhan air non domestik Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih diluar keperluan rumah tangga (Widyawan & Irawan, 2006).

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, persyaratan kimia, persyaratan

biologis dan persyaratan radiologis. Syarat-syarat tersebut berdasarkan Permenkes No.416/Menkes/PER/IX/1990 dinyatakan bahwa persyaratan kualitas air bersih adalah sebagai berikut:

1) Syarat-syarat fisik

Secara fisik air bersih harus jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Selain itu juga suhu air bersih sebaiknya sama dengan suhu udara atau kurang lebih 25°C , dan apabila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan adalah $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

2) Syarat-syarat Kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan kimia antara lain adalah : pH, total solid, zat organik, CO_2 agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), serta logam berat.

3) Syarat-syarat bakteriologis dan mikrobiologis

Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan bakteriologis ini ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* atau *Fecal coli* dalam air.

4) Syarat-syarat Radiologis

Persyaratan radiologis mensyaratkan bahwa air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta dan gamma.

2.2 Bentonit

Tanah lempung berdasarkan kandungan mineralnya dibedakan menjadi bentonit (smektit), kaolinit, haloisit, klorit dan ilit. Bentonit adalah istilah yang digunakan dalam dunia perdagangan untuk tanah lempung yang mengandung lebih dari 80% montmorillonit. Mineral montmorillonit merupakan mineral lempung yang penyebarannya paling luas dan bersifat unik karena memiliki kemampuan mengembang (*swelling*), kapasitas tukar kation yang tinggi, dan dapat diinterkalasi. Sifatnya yang unik tersebut membuat montmorillonit (yang terdapat dalam bentonit) dapat dimodifikasi untuk memperoleh produk senyawa alumino silikat yang memiliki sifat-sifat kimia fisik yang lebih baik dari sebelumnya (Widihati, 2012).

Bentonit adalah jenis batuan hasil alterasi dari material-material, gelas, tuff, atau abu vulkanis. Komposisi mineral utamanya adalah mineral montmorillonit dan sedikit beidelit dengan sejumlah mineral-mineral pengikutnya seperti orthoklas, oligoklas biotit, pyroxen, tirkon dan kwarsa (Karimah, 2006). Bentonit tersusun oleh kerangka Amino Silikat dan membentuk struktur lapis, mempunyai muatan negatif merata di permukaannya dan merupakan penukar kation yang baik. Bentonit memiliki ciri khas kalau diraba seperti lilin dan teksturnya seperti sabun. Bagian dekat permukaan berwarna abu-abu dan menjadi terang pada waktu dikeringkan. Endapan di bawah permukaan berwarna abu-abu kebiruan, ada pula yang berwarna putih, coklat terang dan coklat kemerahan (Nurhayati, 2010).

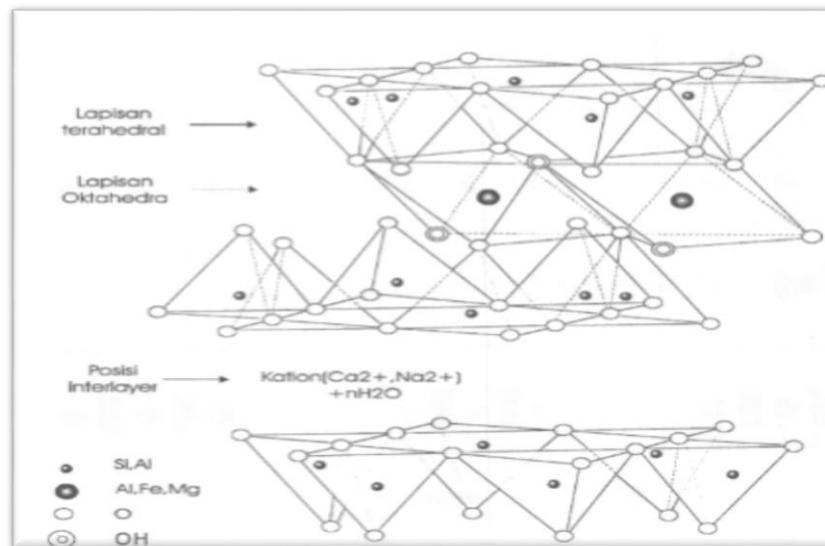
Jumlah bentonit di Indonesia tergolong sangat melimpah, akan tetapi penggunaannya belum maksimal. Menurut Permanasari *et al.*, (2011), bentonit

memiliki kapasitas adsorpsi yang besar terhadap senyawa anorganik dan logam-logam berat, tetapi bentonit memiliki kapasitas adsorpsi yang kecil untuk mengadsorpsi senyawa organik, sehingga untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi bentonit terhadap senyawa organik dilakukan modifikasi bentonit dengan menggunakan surfaktan atau polimer. Bentonit dibedakan menjadi dua jenis yaitu: Bentonit yang dapat menyerap air sekitar delapan kali volumenya dan dapat mengembang sampai beberapa kali dan bentonit yang tidak dapat mengembang, jenis ini digunakan sebagai *bleaching clay*.

Menurut Karimah (2006), Berdasarkan proses terbentuknya di alam, bentonit dibagi menjadi dua golongan yaitu:

1. Natrium-Bentonit (*Swelling Bentonite*), bentonit jenis ini mempunyai kandungan ion Na^+ relatif lebih banyak dibandingkan dengan kandungan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Selain itu, bentonit juga memiliki sifat mengembang apabila terkena air. Kandungan Na_2O umumnya lebih dari 2%. Bentonit jenis natrium banyak digunakan sebagai pencampur dalam pembuatan cat dan sebagai perekat pasir cetak dalam industri pengecoran.
2. Kalsium-Bentonit (*Non Swelling Bentonite*), bentonit jenis ini memiliki kandungan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan kandungan ion Na^+ . Mempunyai sifat sedikit menyerap air, dan bila didispersikan ke dalam air akan cepat mengendap (tidak membentuk suspensi), serta memiliki pH 4-7. Ca-bentonit digunakan untuk bahan cat warna dan sebagai bahan perekat pasir cetak.

Mineral utama penyusun bentonit yaitu mineral montmorillonit. Pembentukan montmorillonit disesuaikan oleh kandungan magnesium yang tinggi dalam suatu lingkungan pelapukan. Formula umum montmorillonit dinyatakan dengan rumus $\text{Si}_8(\text{AlMg})_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ (Karimah, 2006). Berikut ini merupakan struktur dari mineral montmorillonit.



Gambar 2.1. Struktur kristal montmorillonite (Zamroni & Las, 2003)

Berdasarkan gambar di atas, struktur monmorillonit memiliki konfigurasi 2:1 yang terdiri dari dua silikon oksida tetrahedral dan satu aluminium oksida oktahedral. Pada tetrahedral, 4 atom oksigen berikatan dengan atom silikon di ujung struktur. Empat ikatan silikon terkadang disubstitusi oleh tiga ikatan aluminium. Pada oktahedral atom aluminium berkoordinasi dengan enam atom oksigen atau gugus-gugus hidroksil yang berlokasi pada ujung oktahedron. Al^{3+} dapat digantikan oleh Mg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Li^+ dan kation lainnya. Substitusi isomorphous dari Al^{3+} untuk Si^{4+} pada tetrahedral dan Mg^{2+} atau Zn^{2+} untuk Al^{3+}

pada oktahedral menghasilkan muatan negatif pada permukaan clay, hal ini diimbangi dengan adsorpsi kation di lapisan interlayer (Zamroni & Las, 2003).

Adanya atom-atom yang terikat pada masing-masing lapisan struktur montmorillonit memungkinkan air atau molekul lain masuk di antara unit lapisan. Akibatnya kisi akan membesar pada arah vertikal. Selain itu karena adanya pergantian atom Si oleh Al menyebabkan terjadinya penyebaran muatan negatif pada permukaan bentonit. Bagian inilah yang disebut sisi aktif (*active site*) dari bentonit dimana bagian ini dapat menyerap kation dari senyawa-senyawa organik atau dari ion-ion senyawa logam (Zamroni & Las, 2003).

2.3 Aktivasi Bentonit

Bentonit mempunyai struktur berlapis dengan kemampuan mengembang (*swelling*) dan memiliki kation-kation yang dapat ditukarkan. Meskipun lempung bentonit sangat berguna untuk adsorpsi, namun kemampuan adsorpsinya terbatas. Kelemahan tersebut dapat diatasi melalui proses aktivasi menggunakan asam (HCl, H₂SO₄ dan HNO₃) sehingga dihasilkan lempung dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi. Aktivasi bentonit menggunakan asam akan menghasilkan bentonit dengan situs aktif lebih besar dan keasamaan permukaan yang lebih besar, sehingga akan dihasilkan bentonit dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan sebelum diaktivasi (Bath *et al.*, 2012).

Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar kemampuan adsorpsi dengan mekanisme penghilangan senyawa pengotor yang melekat pada permukaan dan pori-pori adsorben dengan cara fisika maupun kimia. Proses aktivasi dapat

menaikkan luas permukaan dalam menghasilkan volume pori yang besar dan berasal dari kapiler-kapiler yang sangat kecil dan mengubah permukaan dalam struktur pori (Yulianti, 2003).

Proses aktivasi bentonit dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Aktivasi Fisika

Proses aktivasi fisika dengan cara pemanasan (kalsinasi) pada temperatur tertentu. Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori bentonit sehingga diharapkan jumlah pori-pori yang kosong dan luas internal kristal bertambah, sehingga dapat menyebabkan interaksi antara adsorbat dan adsorben lebih efektif.

2. Aktivasi Kimia

Prinsip aktivasi secara kimia adalah membersihkan pori-pori dalam kristal montmorillonit dan membuang senyawa pengotor, serta mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan.

Pada proses aktivasi kimia melibatkan suatu reagen yaitu asam mineral. Proses aktivasi kimia ini dilakukan dengan cara mencampurkan adsorben dengan asam mineral dengan berbagai konsentrasi, kemudian diaduk selama 24 jam dan disaring. Residu yang dihasilkan dicuci dengan aquades kemudian dikeringkan.

Pada proses aktivasi kimia terjadi tiga reaksi sebagai berikut:

- a. Asam mineral dapat melarutkan komponen pengotor seperti Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO dan MgO yang mengisi pori-pori adsorben. Hal ini mengakibatkan terbukanya pori-pori yang tertutup sehingga dapat menambah luas permukaan adsorben.

- b. Ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang berada pada permukaan kristal adsorben secara berangsur-angsur diganti oleh ion H^+ dari asam mineral.
- c. Sebagian ion H^+ yang telah menggantikan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan ditukar dengan ion Al^{3+} yang telah larut dalam asam mineral (Ketaren, 1986).

Perlakuan asam, selain dapat melepaskan kation dari lapisan oktahedral dan tetrahedral, juga dapat melarutkan pengotor dan menggantikan kation yang dapat ditukar dengan ion H^+ . Perlakuan asam juga dapat membuka ujung layer, sehingga luas permukaan dan diameter pori-pori meningkat. Biasanya 80% atau lebih, permukaan pori berdiameter antara 2,0-6,0 nm dan luas permukaan tersebut dapat ditingkatkan dengan perlakuan asam sampai 200-400 m^2/g (Karimah, 2006).

2.4 Adsorpsi

Auliah (2009), mengatakan adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Zat yang diserap disebut adsorbat (fase terserap), sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Karimah (2006) mengatakan adsorpsi adalah suatu proses pemisahan bahan dari campuran gas atau cair, bahan yang harus dipisahkan ditarik oleh permukaan sorben padat dan diikat oleh gaya-gaya yang bekerja pada permukaan tersebut. Berkat selektivitasnya yang tinggi, proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang kecil dari campuran yang mengandung bahan lain yang berkonsentrasi tinggi. Bahan yang akan dipisahkan tentu saja harus dapat diadsorpsi. Sebaliknya, untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang lebih besar lebih disukai proses pemisahan yang lain, karena mahalnya regenerasi adsorben.

Nasution (2010) menyebutkan bahwa dalam proses adsorpsi dikenal pula istilah adsorben. Adsorben adalah bahan padat dengan luas permukaan dalam yang sangat besar. Karakteristik yang penting dari suatu adsorben adalah luas dan diameter pori-nya spesifik, kerapatan, distribusi ukuran partikel maupun kekerasannya juga penting dalam penentuan adsorben. Tergantung pada tujuan penggunaannya, adsorben dapat berupa granulat (dengan ukuran butir sebesar beberapa mm) atau serbuk (khusus untuk adsorpsi campuran cair). Metode adsorpsi yang sudah digunakan adalah sistem *batch* yang relatif mudah dan efektif untuk konsentrasi rendah sampai 1 mg/L, akan tetapi metode ini pada umumnya mempunyai kapasitas lebih rendah daripada dengan cara kolom. Penggunaan metode *batch* artinya adsorben langsung dikontakkan dengan larutan dengan volume tetap, sedangkan untuk kolom larutan selalu dikontakkan dengan adsorben, sehingga adsorben dapat mengadsorpsi dengan optimal sampai kondisi jenuh.

2.4.1 Jenis Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben. Berdasarkan kekuatan dalam berinteraksi, adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu: Adsorpsi fisik, adsorpsi ini terjadi karena adanya gaya *Van Der Waals* dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben. Adsorpsi kimia, yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik. Partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia. Pada

adsorpsi kimia, molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan bereaksi secara kimia. (Nurhayati,2010).

2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi menurut Nurhayati (2010) adalah:

1) Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat berjalan semakin efektif. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2) Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0,1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah lolos 200 mesh.

3) Waktu kontak

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

2.4.3 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah hubungan kesetimbangan antara konsentrasi dalam fase fluida dan konsentrasi di dalam partikel adsorben pada suhu tertentu (Tandy, 2013). Model isoterm adsorpsi yang paling umum dan banyak digunakan dalam adsorpsi adalah model isoterm Langmuir dan model isoterm Freundlich.

1) Isoterm Adsorpsi Langmuir

Pada teori Isoterm Langmuir, diasumsikan bahwa adsorben memiliki permukaan yang homogen dan dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat dan tidak ada interaksi antara molekul-molekul yang terjerap. Adsorpsinya berbentuk monolayer (Sahan *et al.*, 2012).

Adsorpsi isothermal Langmuir didasarkan pada asumsi bahwa:

- a. Pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif yang proporsional dengan luas permukaan adsorben. Pada masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul saja. Dengan demikian adsorpsi terbatas pada pembentukan lapisan tunggal (monolayer).
- b. Pengikatan adsorbat pada permukaan adsorben dapat secara kimia dan fisika, tetapi harus cukup kuat untuk mencegah perpindahan molekul teradsorpsi pada permukaan (adsorpsi terlokalisasi).
- c. Panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan (Karimah, 2006).

Persamaan isoterm Langmuir dapat ditulis:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b \cdot K} + \frac{1}{b} C_e \quad (2.1)$$

Keterangan :

q_e : Jumlah adsorbat yang terjerap pada adsorben pada kondisi setimbang (mg/g)

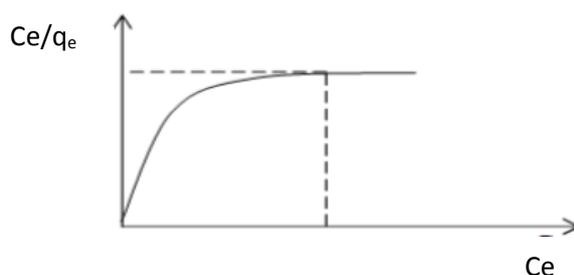
b : Kapasitas adsorpsi adsorben terhadap adsorbat (mg/g)

K : Konstanta Langmuir

C_e : Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan adsorpsi (ppm)

Pola adsorpsi Langmuir dapat dibuat dengan membuat grafik antara C_e/q_e dengan C_e . Data yang memenuhi persamaan langmuir, kapasitas adsorpsi dihitung dengan persamaan:

Kapasitas adsorpsi (Q_0) : 1/Intersep (mg/g)



Gambar 2.2. Pola isoterm Langmuir (Nurhayati, 2010)

2) Isoterm Adsorpsi Freundlich

Menurut Freundlich setiap benda padat yang berpori-pori mempunyai potensi sebagai adsorben dan adsorben tersebut mengadsorpsi adsorbat dalam bentuk multilayer dan peristiwa adsorpsinya adalah adsorpsi fisika (Sahan *et al.*, 2012). Isoterm Freundlich menyatakan bahwa penyerapan senyawa organik oleh permukaan bentonit dalam kondisi tertentu yang meliputi waktu kontak dan konsentrasi terjadi karena adanya penyerapan secara fisika (Nurhayati, 2010). Hubungan antara jumlah massa adsorbat yang terserap oleh adsorben per massa adsorbat pada kesetimbangan dapat ditunjukkan oleh persamaan Freundlich sebagai berikut:

$$Q_e = k \cdot C_e^{1/n} \quad (2.2)$$

Persamaan di atas dapat diubah menjadi persamaan linear sebagai berikut:

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } k + \frac{1}{n} \text{Log } C_e \quad (2.3)$$

Keterangan:

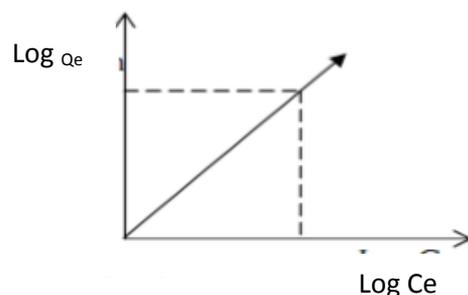
Q_e : Jumlah adsorbat yang terjerap pada adsorben pada kondisi optimum (mg/g)

k : Konstanta Freundlich

C_e : Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan adsorpsi (ppm)

n : Faktor heterogenitas

Pola adsorpsi Freundlich dapat dibuat dengan membuat grafik antara $\log Q_e$ dengan $\log C_e$. Data yang memenuhi persamaan Freundlich, kapasitas adsorpsi dihitung dengan persamaan: Kapasitas adsorpsi (K) : Inverse intercept (mg/g)



Gambar 2.3. Pola isoterm Freundlich (Nurhayati, 2010).

Harga K merupakan besaran termodinamika yang berkaitan dengan harga energi perubahan energi bebas Gibbs (ΔG) dan juga dapat dipandang sebagai kemudahan suatu proses adsorpsi mencapai keadaan setimbang. Persamaan energi bebas Gibbs: $\Delta G = -RT \ln K$. Energi total adsorpsi, E menggambarkan jumlah energi interaksi elektrostatik dan energi ikatan antara ion adsorbat dengan adsorben. Dalam hal ini, harga energi total adsorpsi, E , sama dengan negatif energi Gibbs, sehingga:

$$E = RT \ln K. \quad (2.4)$$

(Karimah, 2006)

2.5 Fosfat

2.5.1 Keberadaan Fosfat dalam Air

Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, poli-fosfat dan fosfat-organik. Ortofosfat adalah senyawa monomer seperti H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} , sedangkan polifosfat merupakan senyawa polimer seperti $(\text{PO}_3)_6^{3-}$ (heksametafosfat) dan fosfat organik adalah P yang terikat dengan senyawa-senyawa organik sehingga tidak berada dalam larutan secara terlepas. Berbagai jenis fosfat juga dipakai untuk pengolahan anti-karat dan anti-kerak pada pemanas air (boiler). Setiap senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Bila kadar fosfat dalam air sangat rendah ($< 0,01 \text{ mg/L}$), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhalang, keadaan ini dinamakan oligotrop (Aleart & Sumestri, 1984).

Fosfor dalam air terdapat sebagai bahan padat dan terlarut. Fosfor dalam bentuk padat dapat terjadi sebagai suspensi garam-garam yang tidak larut dalam bahan biologi atau teradsorpsi dalam bahan padat. Di perairan, fosfor tidak ditemukan dalam keadaan bebas melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik berupa partikulat.

Fosfat juga dapat berada sebagai ligan dalam sebuah kompleks logam. Karena fosfat bereaksi dengan sejumlah zat membentuk senyawa yang tidak larut, dan mudah diadsorpsi oleh tumbuh-tumbuhan, konsentrasi dari fosfat anorganik terlarut dalam kebanyakan perairan konstan. Senyawa fosfat dalam perairan berasal dari sumber alami seperti erosi tanah, buangan dari hewan dan pelapukan

tumbuhan, dan dari laut sendiri. Peningkatan kadar fosfat dalam air laut, akan menyebabkan terjadinya ledakan populasi (*blooming*) fitoplankton yang akhirnya menyebabkan kematian ikan secara massal. Batas optimum fosfat untuk pertumbuhan plankton adalah 0,27-5,51 mg/ L (Hutagalung & Setiapermana, 1994).

Fraksi yang paling baik dari senyawa fosfat yang terlarut paling mungkin terdapat dalam bentuk senyawa organik, sedangkan fosfor anorganik yang terlarut terjadi terutama sebagai bentuk ion ortofosfat (PO_4^{3-}). Protonasi sempurna dari ion ortofosfat menghasilkan H_3PO_4 yang mempunyai nilai $\text{pK}_1 = 2,17$; $\text{pK}_2 = 7,31$; dan $\text{pK}_3 = 12,36$. Berdasarkan nilai konstanta desosiasi asam ini dapat disimpulkan bahwa H_3PO_4 adalah asam yang lemah, oleh karena itu ion fosfat terbentuk sebagai H_2PO_4^- atau HPO_4^{2-} . Titik ekuivalen pertama asam fosfat terdapat pada pH sekitar 4,62 dan metil merah adalah indikator yang cocok untuk langkah ini. Titik ekuivalen yang kedua , terdapat pada pH sekitar 9,72, karena H_2PO_4^- adalah sebuah asam yang lebih lemah daripada H_3PO_4 . Fenolftalein dapat dipergunakan untuk mendeteksi ekuivalen ini (Keenan, 1992).

2.5.2 Dampak Negatif Fosfat

Dimasa ini persoalan yang terjadi di banyak sumber daya air di Indonesia, dan bahkan dunia yaitu pencemaran lingkungan dan kasus eutrofikasi. Pencemaran lingkungan disebabkan oleh limbah cair yang mengandung logam berat dan senyawa kimia lain yang bersifat karsinogenik. Faktor pencemaran akibat aktivitas modern, baik dari praktik pertanian, peternakan, permukiman, maupun tingginya populasi manusia, menjadi sumber semakin beratnya persoalan krisis air ini.

Eutrofikasi merupakan sebuah proses alamiah di mana danau mengalami penuaan secara bertahap dan menjadi lebih produktif bagi tumbuhnya biomassa. Proses alamiah ini, secara tidak disadari dipercepat oleh manusia dengan segala aktivitas modernnya, menjadi dalam hitungan beberapa dekade atau bahkan beberapa tahun saja. Maka tidaklah mengherankan jika eutrofikasi menjadi masalah di hampir ribuan danau di muka bumi, sebagaimana dikenal lewat fenomena alga *bloom* (Auliah, 2009).

Algae yang berlimpah ini dapat membentuk lapisan pada permukaan air, yang selanjutnya dapat menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan. Saat perairan cukup mengandung fosfat, algae mengakumulasi fosfor di dalam sel melebihi kebutuhannya. Fenomena yang demikian dikenal dengan istilah konsumsi lebih (*luxury consumption*) (Rohmah, 2008).

2.5.3 Penentuan Kadar Fosfat

Penentuan kadar fosfat dilakukan menggunakan spektrofotometer dengan metode asam askorbat (SNI 06-6989.31-2005. Prinsip dari metode ini didasarkan pada pembentukan senyawa kompleks fosfomolibdat yang berwarna biru. Kompleks tersebut selanjutnya direduksi dengan asam askorbat membentuk warna biru kompleks Molybdenum. Intensitas warna yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi fosfor. Warna biru yang timbul diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 700nm-880nm (Rohmah, 2008).

Dalam medium asam, ortofosfat membentuk kompleks berwarna kuning dengan ion molibdat. Dengan adanya asam askorbat dan antimon, kompleks

fosfomolibdat berwarna biru terbentuk. Warna biru dapat bervariasi tergantung dari kondisi redoks medium dan pH. Antimon ditambahkan untuk melengkapi reduksi kompleks fosfomolibdenum kuning menjadi kompleks fosfomolibdenum biru. Lebih jauh lagi, antimon meningkatkan intensitas warna biru dan menyebabkan pengukuran serapan lebih sensitif (Hardiyanto, 2009).

2.5.4 Larutan Campuran dalam Pengukuran Fosfat

Larutan yang berperan penting dalam pengukuran fosfat adalah larutan campuran yang dibuat dari 15 mL larutan amonium molibdat 0,03236 M, 50 mL asam sulfat 5N, 30 mL asam askorbat 0,1 M, dan 5 mL kalium antimonil tartrat $8,2 \times 10^{-3}$ M yang membentuk larutan berwarna biru dan dapat diukur pada panjang gelombang maksimum 880 nm (Hardiyanto, 2009).

Larutan campuran dibuat dengan mencampurkan berturut-turut 50 mL H_2SO_4 5 N, 5 mL larutan kalium antimonil tartrat $8,2 \times 10^{-3}$ M, 15 mL larutan ammonium molibdat 0,03236 M dan 30 mL larutan asam askorbat 0,1 M. Selanjutnya larutan ini disebut pereaksi kombinasi. Beberapa catatan untuk larutan campuran ini:

- 1) Bila terbentuk warna biru, larutan campuran tidak dapat digunakan.
- 2) Jika terjadi kekeruhan pada larutan campuran, kocok dan biarkan beberapa menit sampai hilang kekeruhannya sebelum digunakan.
- 3) Larutan campuran ini stabil selama 4 jam (Badan Standarisasi Nasional, 2005).

2.6 Spektrofotometri UV-Vis

Metode spektrofotometri sinar tampak berdasarkan penyerapan sinar tampak oleh suatu larutan berwarna. Hanya larutan senyawa berwarna yang dapat ditentukan dengan metode ini. Senyawa yang tidak berwarna dapat dibuat berwarna dengan mereaksikannya dengan pereaksi yang menghasilkan senyawa berwarna. Sumber radiasi untuk spektrofotometer UV-Vis adalah lampu tungsten. Cahaya yang dipancarkan sumber radiasi adalah cahaya polikromatik. Cahaya polikromatik UV akan melewati monokromator yaitu suatu alat yang paling umum dipakai untuk menghasilkan berkas radiasi dengan satu panjang gelombang (monokromator).

Monokromator radiasi UV, sinar tampak dan infra merah adalah serupa yaitu mempunyai celah (slit), lensa, cermin dan perisai atau grating. Wadah sampel umumnya disebut sel/kuvet. Kuvet yang terbuat dari kuarsa baik untuk spektrofotometer UV dan juga untuk spektrofotometer sinar tampak. Kuvet plastik dapat digunakan untuk spektrofotometer sinar tampak. Radiasi yang melewati sampel akan ditangkap oleh detektor yang berguna untuk mendeteksi cahaya yang melewati sampel tersebut. Cahaya yang melewati detektor diubah menjadi arus listrik yang dapat dibaca melalui recorder dalam bentuk transmitansi absorbansi atau konsentrasi (Hendayana, 2001).

Larutan yang akan diamati melalui spektrofotometri harus memiliki warna tertentu. Hal ini dilakukan supaya zat di dalam larutan lebih mudah menyerap energy cahaya yang diberikan. Secara kuantitatif, besarnya energi yang diserap oleh zat akan identik dengan jumlah zat di dalam larutan tersebut. Secara kualitatif,

panjang gelombang dimana energi dapat diserap akan menunjukkan jenis zatnya (Keenan, 1992).

Penentuan kadar konsentrasi suatu senyawa dilakukan dengan membandingkan kekuatan serapan cahaya oleh larutan contoh terhadap terhadap larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Terdapat dua cara standar adisi, pada cara yang pertama dibuat dahulu sederetan larutan standar, diukur serapannya ,kemudian tentukan konsentrasinya dengan menggunakan cara kalibrasi. Cara yang kedua dilakukan dengan menambahkan sejumlah larutan contoh yang sama ke dalam larutan standar (Hendayana, 2001).

Hubungan antara absorbansi dan konsentrasi dalam analisis secara spektrometri UV-Vis dapat dinyatakan dalam persamaan Lambert–Beer. Persamaan Lambert–Beer hanya dapat diterapkan untuk radiasi monokromatik yaitu hubungan linier antara absorbansi dan konsentrasi jika lebar pita (*bandwith*) dari sumber radiasi lebih sempit dari lebar puncak absorpsi.

$$A = \varepsilon . b . C \quad (2.5)$$

Keterangan:

A : absorbansi

ε : koefisien absorbsivitas molar ($\text{mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ cm}^{-1}$)

b : tebal medium serapan (cm)

C : konsentrasi (mol dm^{-3})(Hendayana, 1994).

Pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis juga memperhitungkan perhitungkan panjang gelombang maksimum dari pengukuran suatu larutan.

Panjang gelombang tersebut diklasifikasi untuk menandai porsi-porsi spektrum tertentu.

Tabel 2.1 Spektrum tampak dan warna-warna komplementer (Underwood & Day, 1989).

Panjang gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
400-435	Lembayung (violet)	Kuning-Hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-Biru	Jingga
490-500	Biru-Hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu (purple)
560-580	Kuning-Hijau	Lembayung (violet)
580-595	Kuning	Biru
595-610	Jingga	Hijau-Biru
610-750	Merah	Biru-Hijau

Semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV tampak karena mereka mengandung elektron baik sekutu maupun menyendiri, yang dapat dieksitasikan ke tingkat yang lebih tinggi. Panjang gelombang dimana absorpsi itu terjadi, bergantung pada betapa kuat elektron itu terikat dalam molekul itu. Elektron dalam suatu ikatan kovalen tunggal terikat kuat, dan diperlukan panjang gelombang yang pendek untuk eksitasinya. Suatu molekul mengandung sebuah atom seperti klor yang mempunyai pasangan elektron menyendiri, sebuah elektron tak terikat (non-bonding) dapat dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi, karena elektron non-bonding tak terikat terlalu kuat seperti elektron bonding sigma, maka absorbansinya terjadi pada panjang gelombang yang lebih panjang. Suatu transisi yang terjadi dalam CH_3Cl pada 173 nm dan transisi dalam CH_3Br dan CH_3I terjadi

pada panjang-panjang gelombang yang lebih panjang lagi. Ini disebabkan oleh kurang kuatnya elektron dalam brom dan iod. Transisi yang diberikan di sini diberi tanda $n-\delta^*$ untuk menunjukkan bahwa sebuah elektron non-bonding dinaikkan ke orbital antibonding δ^* (Underwood & Day, 1989).

Pengukuran ion fosfat dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dapat dilakukan mengingat dalam ion fosfat yang akan diukur terdapat elektron bebas yang dapat dieksitasi setelah dikenakan sumber radiasi. Transisi yang terjadi setelah larutan fosfat dikenakan sumber radiasi adalah dari $n-\delta^*$ dan transisi $n-\pi^*$. Transisi $n-\pi^*$ terjadi akibat adanya transisi elektron-elektron hetero atom tak berikatan ke orbital anti ikatan π^* . Transisi ini terjadi pada elektron bebas pada atom O yang berikatan rangkap pada senyawa fosfomolibdat. Transisi $n-\delta^*$ terdapat pada senyawa-senyawa jenuh yang mengandung hetero atom seperti oksigen, nitrogen, belerang atau halogen, memiliki elektron-elektron tak berikatan. Senyawa-senyawa hetero atom menunjukkan jalur serapan yang kemungkinan disebabkan oleh transisi elektron-elektron dari orbital tak berikatan atom-atom hetero ke orbital anti ikatan δ^* . Transisi-transisi tersebut dapat teramati pada daerah ultraviolet sehingga ion fosfat dapat diukur konsentrasinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Sastrohamidjojo, 1991).

2.7 Difraktometri Sinar-X

Difraktometri sinar-X merupakan suatu metode analisis yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan radiasi elektromagnetik sinar-X dengan panjang gelombang 0,5-2,5 Å dan energi $\pm 10^7$ Ev. Metode ini hanya dapat

digunakan untuk menganalisis padatan kristalin. Dasar yang digunakan pada analisis ini adalah setiap kristal mempunyai jarak antar bidang yang karakteristik.

Kegunaan metode ini adalah:

1. Penentuan struktur kristal meliputi bentuk dan ukuran sel satuan kristal, pengindeksan bidang kristal dan jumlah atom per sel satuan
2. Analisis kimia meliputi identifikasi kristal, penentuan kemurnian hasil sintesis dan deteksi senyawa baru.

Jika seberkas elektron ditembakkan pada logam target oleh energi yang tinggi, maka elektron pada kulit atom yang terdalam akan terlempar keluar sehingga terjadi kekosongan. Kekosongan ini akan diisi oleh elektron pada kulit yang lebih luar sambil memancarkan energi yang disebut sinar-X. Hipotesis mengenai difraksi sinar-X dikemukakan oleh Laue, yaitu jika sinar-X dengan panjang gelombang yang hampir sama dengan jarak antara bidang kristal (d), maka akan didifraksi oleh bidang kristal tersebut. Menurut Bragg, jika dua berkas sinar-X yang paralel mengenai bidang-bidang kristal yang sama dengan jarak antar bidang (d), maka perbedaan jarak yang ditempuh kedua sinar tersebut berbanding langsung dengan panjang gelombangnya (Wahyuni, 2003).

Metode yang digunakan untuk menentukan struktur padatan pada penelitian ini adalah metode Difraksi Sinar-X serbuk. Pada metode ini, sampel yang digunakan berupa serbuk padatan kristalin yang memiliki sejumlah besar kristal kecil dengan diameter butiran kristalnya sekitar 10^{-7} - 10^{-4} m, ditempatkan dalam suatu plat kaca dalam difraktometer. Pola difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu. Metode ini dapat menentukan kristalinitas senyawa atau

fasa yang terdapat dalam sampel. Untuk mengidentifikasi senyawa tak dikenal, digunakan *Powder Diffraction File* (PDF) produk *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (PCPDFWIN) (Wahyuni, 2003).

2.8 *Surface Area Analyzer (SAA)*

Surface Area Analyzer (SAA) merupakan salah satu alat utama dalam karakterisasi material. Alat ini khususnya berfungsi untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material dan isoterm adsorpsi suatu gas pada suatu bahan.

Alat ini prinsip kerjanya menggunakan mekanisme adsorpsi gas, umumnya nitrogen, argon dan helium, pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan biasanya suhu didih dari gas tersebut. Alat tersebut pada dasarnya hanya mengukur jumlah gas yang dapat dijerap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu. Secara sederhana, jika kita mengetahui berapa volume gas spesifik yang dapat dijerap oleh suatu permukaan padatan pada suhu dan tekanan tertentu dan kita mengetahui secara teoritis luas permukaan dari satu molekul gas yang dijerap, maka luas permukaan total padatan tersebut dapat dihitung.

Telah banyak teori dan model perhitungan yang dikembangkan para peneliti untuk mengubah data yang dihasilkan alat ini. Data berupa jumlah gas yang dijerap pada berbagai tekanan dan suhu tertentu (disebut juga isoterm) diubah menjadi data luas permukaan, distribusi pori, volume pori dan lain sebagainya. Misalnya saja untuk menghitung luas permukaan padatan dapat digunakan BET teori, Langmuir

teori, metode t-plot, dan lain sebagainya, yang paling banyak dipakai dari teori – teori tersebut adalah BET.

Metode BET (Brunauer-EMMET-Teller)

Metode ini menganggap bahwa molekul padatan yang paling atas berada pada kesetimbangan dinamis. Ini berarti jika permukaan hanya dilapisi oleh satu molekul saja, maka molekul-molekul gas ini berada dalam kesetimbangan dalam fase uap padatan. Jika terdapat dua atau lebih lapisan, maka lapisan teratas berada pada kesetimbangan dalam fase uap padatan. Bentuk isoterm tergantung pada macam gas adsorbat, sifat adsorben dan struktur pori. Gejala yang diamati pada adsorpsi isoterm berupa adsorpsi lapisan molekul tunggal, adsorpsi lapisan molekul ganda dan kondensasi dalam kapiler.

Persamaan BET dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{1}{W[(P_0/P)-1]} = \frac{1}{WmC} (P/P_0) \quad (2.6)$$

Dimana

W = Berat yang diserap (adsorbed) pada tekanan relative P/P_0

Wm = Berat gas nitrogen (adsorbate) yang membentuk lapisan monolayer pada permukaan zat.

P = Tekanan kesetimbangan adsorpsi

P_0 = Tekanan penjenahan adsorpsi cuplikan pada suhu rendaman pendingin

C = konstanta energy

Luas permukaan suatu padatan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S_t = \frac{Wm.N_{av}.Acs}{BM} \quad (2.7)$$

Dimana:

S_t = Luas permukaan suatu padatan (m^2)

W_m = Berat gas nitrogen (adsorbate) yang membentuk lapisan monolayer pada permukaan zat.

N_{av} = Bilangan Avogadro ($6,023 \times 10^{23}$ molekul/mol)

A_{cs} = Luas proyeksi N_2 ($16,2 \times 10^{-20}$ Å)

Luas permukaan spesifik suatu padatan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{S_t}{W} \quad (2.8)$$

Dimana:

S = Luas permukaan spesifik suatu padatan (m^2/g)

S_t = Luas permukaan suatu padatan (m^2)

W = Berat yang dianalisis (adsorbed)

(Dharmayanthi, 2006)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia FMIPA UNNES untuk mengaktivasi bentonit dan melakukan proses adsorpsi ion fosfat. Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA UNNES untuk menganalisis kadar fosfat menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi: bentonit alam yang berasal dari Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Sampel: bentonit alam yang kemudian diaktivasi dengan pemanasan dan perendaman dengan asam.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat:

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Spektrofotometer PhotoLab 6600 UV-Vis
2. XRD Shimadzu XRD-6000
3. SAA (*Surface Area Analyzer*) *Quantachrome* NOVA-1000
4. Orbital shaker yellow line OS 10 basic
5. Neraca Analitik AND GR-2000
6. Furnace Barnstead Thermolyne
7. Oven Memmert

8. Alat-alat gelas
9. Ayakan 100 dan 50 *mesh*
10. Kertas saring.

3.3.2 Bahan:

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Bentonit alam yang berasal dari Boyolali, Jateng
2. Larutan H_2SO_4 p.a (*Merck*, ρ : $1,84 \text{ g/cm}^3$, %: 98%)
3. Potassium dihidrogen phosphate (KH_2PO_4)(*Merck*, Mr : 136,09 g/mol,%: 99%)
4. Amonium molibdat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (*Merck*, Mr : 1.235,9975 g/mol, %: 82%)
5. Asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) (*Merck*, Mr : 176,13 g/mol)
6. Kalium antimonil tartarat ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 0,5 \text{ H}_2\text{O}$) (*Merck*, Mr: 333,93 g/mol, %: 99%)
7. Barium hidroksida ($\text{Ba}(\text{HO})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) (*Merck*, Mr: 315,48 g/mol, %: 98%)
8. Indikator fenolftalin
9. Aquades.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kemampuan adsorpsi bentonit yang dilihat dari kapasitas adsorpsi dan isoterm adsorpsi bentonit terhadap larutan fosfat.

3.4.2 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah faktor-faktor yang mempengaruhi hasil analisis. Variabel bebas yang digunakan pada bentonit yang belum diaktivasi adalah ukuran bentonit awal (50 mesh dan 100 mesh). Variabel bebas yang digunakan dalam mengaktivasi bentonit adalah proses aktivasi bentonit dengan panas (suhu 350⁰C, selama 3 jam dalam Furnace) dan proses aktivasi bentonit dengan perendaman asam (asam H₂SO₄ dengan konsentrasi 2M, selama 24 jam). Variabel bebas pada proses adsorpsi yaitu konsentrasi larutan KH₂PO₄ (80, 90, 100, 110, 120, 130 ppm) dan waktu kontak adsorpsi (60, 120, 180, 240, 300 menit).

3.4.3 Variabel Terkendali

Variabel terkendali adalah faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil reaksi, tetapi yang dapat dikendalikan agar tidak mempengaruhi variabel bebas. Variabel terkendali dalam aktivasi bentonit yaitu: jenis bentonit yang akan diaktivasi (berasal dari Boyolali), kondisi reaksi. Variabel terkendali dalam proses adsorpsi bentonit yaitu: kecepatan pengadukan, volume larutan fosfat dan massa bentonit yang ditambahkan.

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1` Perlakuan Awal Bentonit Alam

Sebanyak 1 L aquades dimasukkan ke dalam beakerglass 2 L yang didalamnya telah berisi 300 g bentonit, diaduk selama 2 jam. Setelah itu didiamkan selama 24 jam. Suspensi disaring dan dikeringkan dalam oven hingga beratnya konstan, lalu digerus dan diayak dengan ayakan 100 mesh untuk menghasilkan bentonit berukuran 100 mesh (A_1) dan diayak dengan ayakan 50 mesh untuk menghasilkan bentonit berukuran 50 mesh (A_2) (Nurhayati (2010), yang dimodifikasi).

3.5.2 Proses Aktivasi Bentonit

3.5.2.1 Aktivasi secara fisika (Pemanasan)

Prosedur untuk mengaktivasi bentonit dengan cara pemanasan mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Auliah (2009). Bentonit alam yang siap diaktivasi) sebanyak 100 g (100 mesh), dipanaskan dalam furnace selama 3 jam dengan suhu 350⁰C. Selanjutnya dilakukan karakterisasi bentonit dengan menggunakan XRD dan SAA (C_1). Mengulangi prosedur yang sama untuk bentonit yang berukuran 50 mesh (C_2).

3.5.2.2 Aktivasi secara kimia (Perendaman dengan asam)

Bentonit alam yang siap diaktivasi (100 mesh) sebanyak 100 g, didispersikan ke dalam 250 mL H₂SO₄ 2M kemudian diaduk dengan magnetik stirer selama 6 jam dan didiamkan selama 24 jam. Suspensi bentonit yang terbentuk

disaring dan dicuci dengan aquades panas (diuji negatif terhadap BaCl_2). Suspensi dioven hingga beratnya konstan. Bentonit kering yang dihasilkan digerus dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD dan SAA (B_1). Melakukan prosedur yang sama untuk bentonit berukuran 50 mesh (B_2) (Sahara (2011), yang dimodifikasi).

3.5.3 Penentuan Isoterm Adsorpsi Bentonit

3.5.3.1 Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan menambahkan 0,1 g masing-masing variasi bentonit kedalam 25 mL larutan H_2PO_4^- 110 ppm. Larutan awal terlebih dahulu dilakukan pengukuran konsentrasinya. Suspensi diaduk dengan orbital shaker dengan kecepatan 150 *rpm* selama 60, 120, 180, 240, 300 menit. Suspensi disaring dengan menggunakan kertas saring. Filtrat yang diperoleh, diukur volumenya dan ditepatkan kembali dengan aquadest hingga 25 mL dalam labu takar 25 mL. Filtrat diukur absorbansinya dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 880$ nm, kemudian dihitung konsentrasi akhirnya (Auliah (2009), yang dimodifikasi).

3.5.3.2 Pengaruh konsentrasi awal asam fosfat terhadap adsorpsi

Penentuan konsentrasi awal optimum dilakukan dengan menambahkan 0,1 g masing-masing variasi bentonit kedalam 25 mL larutan H_2PO_4^- 80, 90, 100, 110, 120, 130 ppm. Suspensi diaduk dengan orbital shaker dengan kecepatan 150 *rpm* pada waktu kontak optimum. Suspensi yang terbentuk disaring dengan menggunakan kertas saring, filtrat yang diperoleh diukur volumenya dan ditepatkan

kembali dengan aquadest hingga 25 mL dalam labu takar 25 mL. Larutan selanjutnya diukur absorbansinya dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 880$ nm, kemudian dihitung konsentrasi akhirnya (Auliah (2009), yang dimodifikasi).

3.5.4 Analisis Fosfat dengan Spektrofotometer UV-Vis

3.5.4.1 Pengukuran panjang gelombang maksimum

Larutan yang digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum yaitu larutan fosfat 2 ppm. Larutan fosfat 2 ppm dipipet sebanyak 8,4 mL dan dimasukkan kedalam labu takar 10 mL. Ke dalam labu takar ditambahkan dengan 1 tetes indikator fenolftalin, (jika terbentuk warna merah muda ditambahkan tetes demi tetes H_2SO_4 2,5 M sampai warnanya hilang) dan 1,3 mL pereaksi kombinasi dan ditambah aquades hingga tanda batas. Larutan didiamkan selama 15 menit. Serta ambil kuvet yang lain dan isi dengan aquadest yang diperlakukan seperti sampel sebagai blanko. Ukur Absorbansi dari larutan standar tersebut pada panjang gelombang antara 610 nm – 900 nm dengan interval 10 nm. Amati pada panjang gelombang berapa serapan yang dihasilkan itu maksimum.

3.5.4.2 Pembuatan kurva kalibrasi

Konsentrasi larutan standar fosfat yang digunakan untuk membuat kurva kalibrasi yaitu 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5 dan 5 ppm. Larutan tersebut dipipet sebanyak 8,4 mL dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL dan diperlakukan sama seperti sampel sebelum dilakukan pengukuran konsentrasi dengan spektrofotometer UV-Vis. Sebagai blanko, dipipet 8,4 mL aquades dan

diperlakukan sama seperti sampel. Masing-masing larutan tersebut didiamkan selama 15 menit, kemudian diukur absorbansinya dengan alat spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 880$ nm.

3.5.4.3 Analisis ion fosfat dengan spektrofotometer UV-Vis

Analisis ion fosfat dilakukan dengan memipet sebanyak 8,4 mL filtrat masing-masing suspensi dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL. Ke dalam larutan tersebut ditambahkan 1 tetes indikator fenolftalin, jika terbentuk warna merah muda, ditambahkan tetes demi tetes H_2SO_4 2,5 M sampai warnanya hilang. Sebanyak 1,3 mL pereaksi kombinasi ditambahkan ke dalam larutan dan dihomogenkan. Ke dalam labu takar ditambahkan aquades hingga tanda batas, kemudian didiamkan selama 15 menit. Larutan diukur absorbansinya pada $\lambda = 880$ nm.

3.5.5 Aplikasi Bentonit pada Kondisi Optimum untuk Menurunkan Kadar Fosfat dalam Perairan

Bentonit yang digunakan sebagai adsorben pada pengukuran ini adalah bentonit hasil optimasi pada penelitian ini. Sebanyak 0,1 g bentonit ditambahkan kedalam 25 mL larutan sampel mengandung ion fosfat yang sebelumnya sudah diukur konsentrasi awalnya. Suspensi diaduk dengan orbital shaker dengan kecepatan 150 *rpm* selama waktu optimum sesuai variasi bentonit yang digunakan. Suspensi disaring dengan menggunakan kertas saring. Filtrat yang diperoleh, diukur volumenya terlebih dahulu dan ditepatkan kembali dengan aquadest hingga 25 mL. Filtrat diukur absorbansinya dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 880$ nm, kemudian dihitung konsentrasi akhirnya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai data-data hasil penelitian yang meliputi kajian tentang hasil preparasi bentonit teraktivasi kimia dan teraktivasi fisika; karakterisasi bentonit teraktivasi kimia dan teraktivasi fisik yang meliputi (1) difraksi sinar-X, (2) analisis luas permukaan, (3) ukuran pori; kondisi optimal adsorpsi bentonit dalam menurunkan kadar fosfat yang meliputi (1) waktu kontak, (2) konsentrasi awal dan (3) ukuran partikel; serta aplikasinya dalam menurunkan kadar fosfat dalam perairan.

4.1 Hasil Preparasi Bentonit Teraktivasi Kimia dan Teraktivasi Fisika

Preparasi bentonit teraktivasi kimia dan teraktivasi fisika dimulai dengan melakukan preparasi terhadap bentonit alam meliputi pencucian, pengeringan dan pengayakan hingga bentonit berukuran 100 *mesh* dan 50 *mesh*. Bentonit hasil preparasi tersebut kemudian diaktivasi secara kimia dan diaktivasi secara fisika. Secara visual terdapat perbedaan antara bentonit alam, bentonit teraktivasi kimia dan bentonit teraktivasi fisika, perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

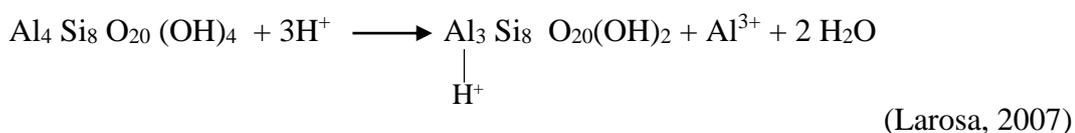
Tabel 4.1 Sifat fisik bentonit hasil preparasi

Kode	Sifat fisik
A	Warna kecoklatan
B	Warna coklat pudar
C	Warna coklat gelap

Proses aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan asam sulfat. Pemilihan asam sulfat sebagai aktivator asam untuk mengaktivasi bentonit didasarkan pada penelitian dari Sahara (2011) yang menggunakan asam sulfat

dengan konsentrasi 2 M, karena dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari 2 M memberikan keasaman permukaan yang lebih kecil.

Berdasarkan pertimbangan tersebut peneliti memilih asam sulfat 2 M sebagai aktivator untuk mengaktifasi bentonit. Reaksi yang terjadi pada proses aktivasi kimia bentonit yaitu:



Reaksi di atas menunjukkan bahwa atom Al berpindah dari struktur bersama dengan gugus hidroksil, sehingga terjadi perubahan gugus oktahedral menjadi gugus tetrahedral. Atom Al yang tersisa masih terkoordinasi dalam rangkaian tetrahedral dengan empat atom oksigen tersisa (Thomas *et al.*, 1984 dalam Larosa, 2007). Perubahan dari gugus oktahedral menjadi tetrahedral membuat kisi kristal bermuatan negatif. Muatan negatif pada permukaan kristal dapat dinetralkan oleh logam-logam alkali dan alkali tanah yang terdapat pada bentonit. Ikatan antara ion Al dengan kation penetral tersebut adalah ikatan ion yang mudah diputuskan, karena kation-kation tersebut bukan bagian dari kerangka bentonit sehingga dapat dengan mudah dipertukarkan. Selanjutnya, ion H^+ yang berasal dari asam akan menggantikan kation-kation logam alkali dan alkali tanah dari bentonit (Larosa, 2007).

Proses aktivasi fisika dilakukan dengan melakukan pemanasan pada suhu 350°C selama 3 jam dengan menggunakan furnace. Proses pemanasan ini menggunakan suhu tinggi untuk membuka pori bentonit. Tujuan dari aktivasi

bentonit ini untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi bentonit dalam menurunkan kadar fosfat. Proses pemanasan suhu tinggi ini mengakibatkan warna bentonit menjadi lebih kecoklatan (coklat gelap).

4.2 Karakterisasi Bentonit

4.2.1 Identifikasi Menggunakan Difraksi Sinar-X

Analisis kualitatif bentonit dilakukan dengan menggunakan difraksi sinar-X (XRD). Dari hasil analisis menggunakan XRD nantinya dapat diketahui unsur mineral apa saja yang terdapat dalam bentonit dan pengaruh dari proses aktivasi pada bentonit terhadap difraktogram bentonit yang dihasilkan.

Difraktogram bentonit alam yang digunakan di tunjukkan pada difraktogram bentonit A pada Gambar 4.1 dan dicocokkan dengan JCPDS (*Joint Committee on Powder Defraction Standar*) menunjukkan mineral utama penyusun bentonit. Analisis kualitatif terhadap bentonit alam menunjukkan bahwa bentonit alam yang digunakan dalam penelitian ini adalah lempung montmorillonit yang mengandung mineral montmorillonit, kaolin dan quarsa dengan komposisi mineral yang berbeda-beda sesuai dengan proses pembentukan di alam. Karakteristik mineral tersebut dipaparkan pada Tabel 4.2.

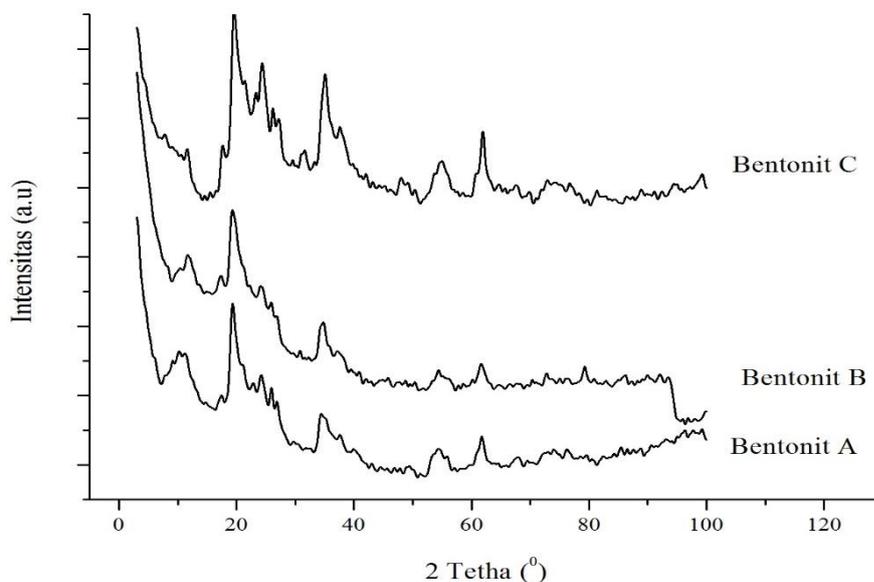
Tabel 4.2 Data difraktogram mineral utama penyusun bentonit

Mineral	2θ ($^{\circ}$)	d (\AA)
Montmorillonit	19,36	4,5811
	26,91	3,3097
	34,54	2,5947
	54,19	1,6912
	61,67	1,5027
Kaolin	21,18	4,1907
	24,14	3,6837
Quarsa	54,69	1,6768
	26,91	3,3097

Perlakuan modifikasi terhadap mineral montmorillonit akan membawa perubahan kristalinitas dan pergeseran bidang refleksi. Dari hasil XRD, pergeseran 2θ pada bentonit A, B dan C tidak jauh berbeda. Pergeseran nilai 2θ dari masing-masing difraktogram mineral penyusun bentonit disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pergeseran nilai 2θ difraktogram mineral penyusun bentonit

Mineral	Kode	2θ	d (Å)	I
Montmorillonit	A	19,36	4,5811	100
	B	19,44	4,5624	100
	C	19,61	4,5198	100
	A	34,54	2,5947	40
	B	34,23	2,6174	49
	C	35,05	2,5578	68
	A	61,67	1,5027	40
	B	61,54	1,5056	33
	C	61,88	1,4980	58
	A	26,91	3,3097	30
	B	26,93	3,3081	30
	C	27,29	3,2652	29
	A	54,19	1,6912	30
	B	54,36	1,6862	23
	C	54,45	1,6836	19
Kaolin	A	21,18	4,1907	34
	B	21,23	4,1810	28
	C	21,42	4,1450	41
	A	24,14	3,6837	30
	B	24,02	3,7019	28
	C	24,39	3,6458	49
Quarsa	A	54,69	1,6768	30
	B	54,36	1,6862	23
	C	54,98	1,6686	21
	A	26,91	3,3097	30
	B	26,93	3,3081	30
	C	27,29	3,2652	29



Gambar 4.1 Difraktogram bentonit A (tanpa aktivasi), bentonit B (aktivasi kimia) dan bentonit C (aktivasi fisika)

Difraktogram yang disajikan pada Gambar 4.1 menunjukkan tidak ada pergeseran yang cukup signifikan terhadap difraktogram bentonit akibat perbedaan perlakuan aktivasi. Masing-masing perlakuan bentonit menunjukkan kristalinitas yang berbeda-beda, dilihat dari tingginya difraktogram pada masing-masing harga 2θ . Gambar 4.1 (Bentonit B) menunjukkan bahwa proses aktivasi kimia tidak terlihat perbedaan pada tinggi peak yang signifikan. Hal ini dikarenakan proses aktivasi kimia terjadi pelarutan pengotor yang mengotori permukaan bentonit dan membuang senyawa pengotor jadi tidak mengubah kristalinitas bentonit. Gambar 4.1 (Bentonit C) menunjukkan bahwa proses aktivasi fisika terlihat perbedaan pada tinggi difraktogram yang signifikan. Hal ini dikarenakan proses aktivasi fisika menggunakan suhu tinggi dapat meningkatkan kristalinitas bentonit sehingga muncul puncak yang tinggi pada 2θ yang merupakan karakteristik mineral penyusun bentonit. Selain itu aktivasi fisika juga mengakibatkan munculnya

difraktogram baru yang cukup tinggi pada 2θ antara 20^0 - 30^0 yang merupakan karakteristik mineral kaolin.

4.2.2 Hasil Karakterisasi Menggunakan SAA

Berdasarkan jenisnya, proses adsorpsi terbagi menjadi adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika terjadi apabila gaya intermolekular lebih besar daripada gaya tarik antarmolekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya ini disebut gaya Van der Waals sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Data ukuran pori dan luas permukaan bentonit A, bentonit B, bentonit C disajikan dalam Tabel 4.4. Data hasil analisis SAA bentonit A, B dan C bentonit lebih rinci disajikan pada Lampiran 3.

Tabel 4.4 Data ukuran pori dan luas permukaan masing-masing variasi bentonit

Bentonit	Luas Permukaan (m^2/g)	Rata-rata Ukuran pori (Å)
Bentonit A	73,896	37,717
Bentonit B	115,273	30,037
Bentonit C	69,710	42,415

Dari tabel 4.4 maka dapat dijelaskan sebagai berikut:

Bentonit A memiliki luas permukaan $73,896 m^2/g$ yang lebih besar daripada bentonit C. Rata-rata ukuran pori pada bentonit A sebesar $37,717 \text{ Å}$. Dari kedua parameter tersebut dapat dikatakan bentonit A walaupun memiliki luas permukaan yang cukup besar namun tidak terlalu menguntungkan dalam proses adsorpsinya. Hal ini dikarenakan masih adanya pengotor-pengotor dalam bentonit yang belum dibersihkan dari struktur bentonit, berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan XRD bentonit A memiliki struktur kristal, sehingga kurang maksimal dalam mengadsorpsi ion fosfat. Pada aplikasinya ukuran jari-jari ion fosfat $\pm 113,04 \text{ Å}$

(keterangan lebih lengkap disajikan dalam lampiran 4) juga berpengaruh terhadap jumlah fosfat yang dapat terjerap dalam pori adsorben, karena ukuran ion fosfat jauh lebih besar dari pada pori bentonit maka tidak dapat masuk kedalam pori-pori bentonit. Sehingga adsorpsi yang terjadi akibat adanya ikatan ionik antara situs aktif pada permukaan bentonit dengan ion fosfat dan mengakibatkan ion fosfat akan menempel pada permukaan bentonit. Proses terjadinya ikatan ionik seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 4.1. Pada permukaan bentonit ini nantinya akan terbentuk lapisan baru (*monolayer*), pada kondisi optimum ion-ion fosfat itu akan memenuhi permukaan bentonit. Proses adsorpsi pada bentonit A dipengaruhi oleh luas permukaan bentonit dengan mengandalkan situs aktifnya, maka dari itu proses adsorpsi yang terjadi termasuk adsorpsi kimia.

Bentonit B memiliki luas permukaan yang paling luas dari ketiga bentonit tersebut yaitu sebesar $115,273 \text{ m}^2/\text{g}$ namun memiliki ukuran pori yang paling kecil yaitu sebesar $30,078 \text{ \AA}$. Dilihat dari kedua parameter tersebut bentonit B dimungkinkan dapat menyerap fosfat paling optimum. Hal ini didasarkan pada luas permukaan bentonit B yang besar dan terdapat ion H^+ dari hasil aktivasi asam sehingga bentonit ini bermuatan positif, maka dari itu dapat dimungkinkan terjadinya ikatan ionik antara ion H^+ dari asam sulfat dengan ion fosfat serta adanya ion H^+ dari ikatan ionik situs aktif dari molekul H_2O dengan ion fosfat. Dengan memiliki luas permukaan yang besar, maka akan banyak ion H^+ pada permukaan bentonit dan mengakibatkan proses adsorpsi akan semakin maksimal.

Ukuran pori bentonit B lebih kecil dari bentonit A, hal ini disebabkan adanya perombakan ion-ion penyusun bentonit dan penataan ulang sehingga

mempengaruhi ukuran pori bentonit B. Ukuran pori bentonit B tidak cukup besar untuk dapat mengadsorpsi ion fosfat, dikarenakan ukuran pori bentonit B lebih kecil daripada ukuran ion fosfat. Adsorpsi yang terjadi pada bentonit B seperti yang terjadi pada bentonit A, namun dengan jumlah ion H^+ yang lebih banyak. Proses adsorpsi pada bentonit B dipengaruhi oleh luas permukaan bentonit dengan mengandalkan situs aktifnya, maka dari itu proses adsorpsi yang terjadi termasuk adsorpsi kimia.

Bentonit C memiliki luas permukaan paling kecil yaitu sebesar $69,710 \text{ m}^2/\text{g}$ namun memiliki ukuran pori paling besar yaitu $42,4159 \text{ \AA}$. Kedua parameter tersebut mengindikasikan bahwa kristalinitas bentonit C juga ikut mempengaruhi hasil uji BET. Gambar 4.1 terlihat bahwa bentonit C memiliki kristalinitas yang cukup tinggi dibandingkan bentonit A yang tidak optimum bila digunakan untuk adsorpsi. Hal ini dikarenakan adsorpsi akan lebih baik apabila strukturnya berbentuk amorf. Aktivasi fisik pada bentonit C mengakibatkan ukuran pori bentonit C sangat besar namun tidak cukup besar untuk menjerap ion fosfat, namun aktivasi fisik cenderung membuat luas internal kristal yang bertambah bukan luas permukaan bentonit tersebut. Hal ini yang menyebabkan luas permukaan bentonit C lebih kecil dari pada bentonit A dan bentonit B. Aktivasi fisik pada bentonit C mengakibatkan ion H^+ yang berasal dari H_2O pada struktur bentonit akan menguap atau hilang. Hilangnya ion H^+ dari struktur bentonit C akan menambah situs aktif dari bentonit C, sehingga pada saat digunakan sebagai adsorben akan lebih banyak mengikat ion H^+ molekul air dalam larutan fosfat. Jumlah ion H^+ yang lebih banyak dari pada bentonit A mengakibatkan proses adsorpsi lebih maksimal dari pada bentonit A.

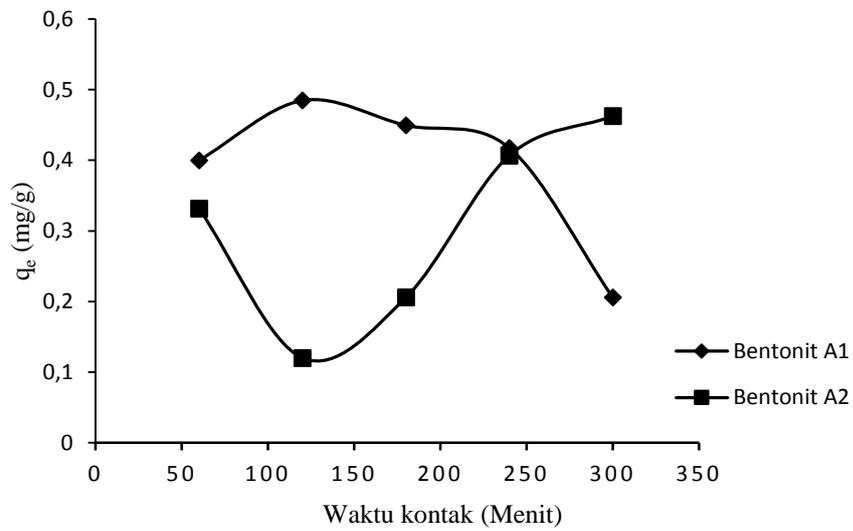
Pada bentonit C ini yang berperan dalam proses adsorpsi adalah situs aktif bentonit sehingga termasuk adsorpsi kimia. Hasil adsorpsi menggunakan bentonit C akan lebih baik dari pada menggunakan bentonit A mengingat jumlah ion H^+ -nya yang lebih banyak, namun tidak lebih baik daripada menggunakan bentonit B.

4.3 Kondisi Optimum Adsorpsi Ion Fosfat Menggunakan Bentonit

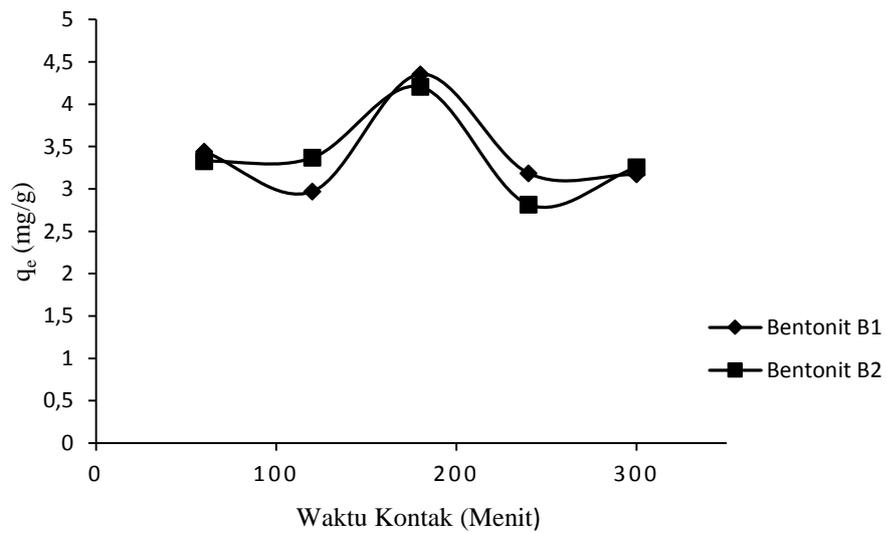
Kondisi optimum dalam proses adsorpsi sangat penting, hal ini kaitannya dengan kemampuan adsorpsi suatu adsorben. Pada kondisi optimum proses adsorpsi akan menghasilkan kemampuan adsorpsi yang tinggi pula. Maka dari itu perlu dicari kondisi optimum terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang terbaik dalam proses adsorpsi. Dalam penelitian ini kondisi optimum dicari pada variasi waktu kontak, konsentrasi awal larutan yang optimum dan ukuran partikel bentonit sebelum bentonit digunakan untuk menurunkan kadar ion fosfat dalam perairan.

4.3.1 Waktu Kontak Optimum

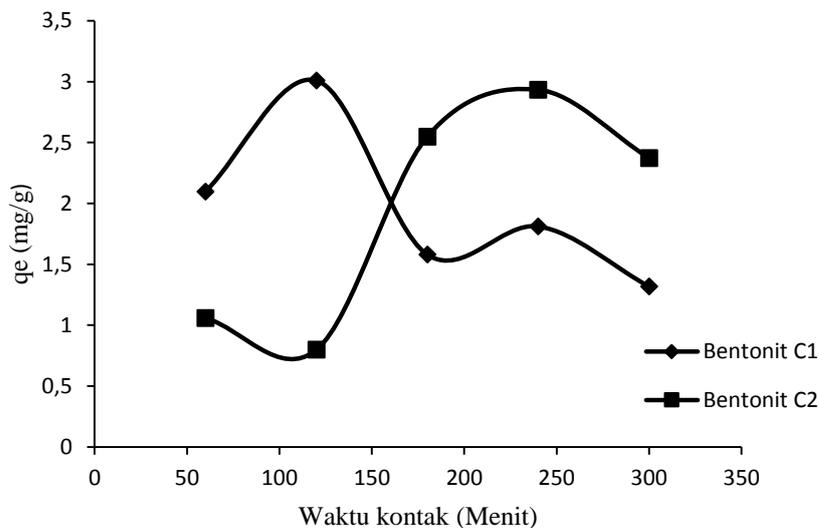
Penentuan kondisi optimum proses adsorpsi dalam penelitian ini diawali dengan mencari waktu kontak optimum dari masing-masing variasi bentonit. Variasi waktu kontak yang digunakan dalam penelitian ini mengacu dari jurnal Auliah (2009) yaitu pada rentang waktu 60, 120, 180, 240 dan 300 menit. Hasil penentuan waktu kontak optimum untuk masing-masing variasi aktivasi dan variasi ukuran partikel bentonit ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.2, 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.2 Perbandingan penentuan waktu kontak optimum bentonit A₁ Vs bentonit A₂



Gambar 4.3 Perbandingan penentuan waktu kontak optimum bentonit B₁ Vs bentonit B₂



Gambar 4.4 Perbandingan penentuan waktu kontak optimum bentonit C₁ Vs bentonit C₂

Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa waktu kontak optimum bentonit A₁ tercapai pada menit ke- 120 sedangkan waktu kontak optimum bentonit A₂ yang terjadi pada menit ke- 300. Grafik waktu kontak bentonit A₁ telah mencapai waktu kontak optimum pada menit ke-120 dan kemudian turun hingga menit ke-300. Berbeda dengan penentuan waktu kontak yang terjadi pada bentonit A₂. Penentuan waktu kontak bentonit A₂, pada menit ke-60 daya serapnya cukup tinggi yaitu 0,3314 mg/g namun kemudian turun menjadi 0,1201 mg/g dan naik lagi hingga 0,4624 mg/g pada waktu kontak optimumnya (300 menit). Daya serapnya yang naik kemudian turun hal ini disebabkan situs aktif pada struktur bentonit yang tidak teratur serta masih adanya pengotor dalam struktur bentonit. Hal ini menyebabkan proses adsorpsi ion fosfat menjadi tidak stabil (masih naik turun).

Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa waktu kontak bentonit B₁ terjadi pada menit ke-180 sama dengan waktu kontak bentonit B₂. Grafik 4.3 menunjukkan pada menit ke-300 daya serap bentonit B₂ mengalami kenaikan sedikit dibandingkan

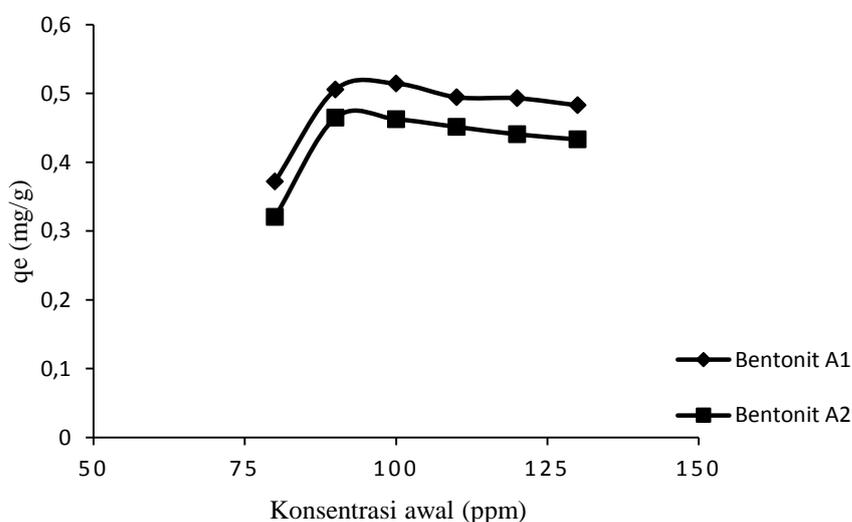
dengan menit ke-240. Hal ini disebabkan terikatnya ion fosfat pada situs aktif bentonit (Al^{3+}) yang lebih dari 1 ion fosfat. Ikatan antara situs aktif bentonit (Al^{3+}) dengan ion fosfat ini tidak stabil, akibatnya ion fosfat tersebut terlepas kembali ke larutan.

Gambar 4.4 memperlihatkan bahwa waktu kontak bentonit C_1 terjadi pada menit ke-120 sedangkan bentonit C_2 waktu kontak optimumnya terjadi pada menit ke-240. Gambar 4.4 menunjukkan daya serap bentonit C_1 dan bentonit C_2 mengalami naik turun, hal ini disebabkan masih kurang rapinya situs aktif pada bentonit sehingga daya serapnya masih dapat naik walaupun telah mengalami penurunan pada menit sebelumnya. Kenaikan daya serap pada menit ke-240 (C_1) dan penurunan pada menit ke-60(C_2) tidak terlalu besar, hal ini disebabkan masih kurang stabilnya kerangka situs aktif pada bentonit C.

Gambar 4.2, 4.3 dan 4.4 menunjukkan bahwa setelah melewati waktu kontak optimumnya, kapasitas adsorpsinya cenderung menurun (tidak lagi sebesar pada saat berada pada waktu kontak optimum). Hal ini menunjukkan semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat (ion fosfat) memungkinkan untuk terjadinya peningkatan penyerapan adsorbat, namun jika terlalu lama waktu kontak adsorpsi dapat mengakibatkan terjadinya desorpsi. Hal ini sesuai dengan penelitian Khilya, (2014) yang menunjukkan bahwa setelah adsorpsi mencapai keadaan setimbang pada waktu kontak optimum, penambahan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat selanjutnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penyerapan adsorbat.

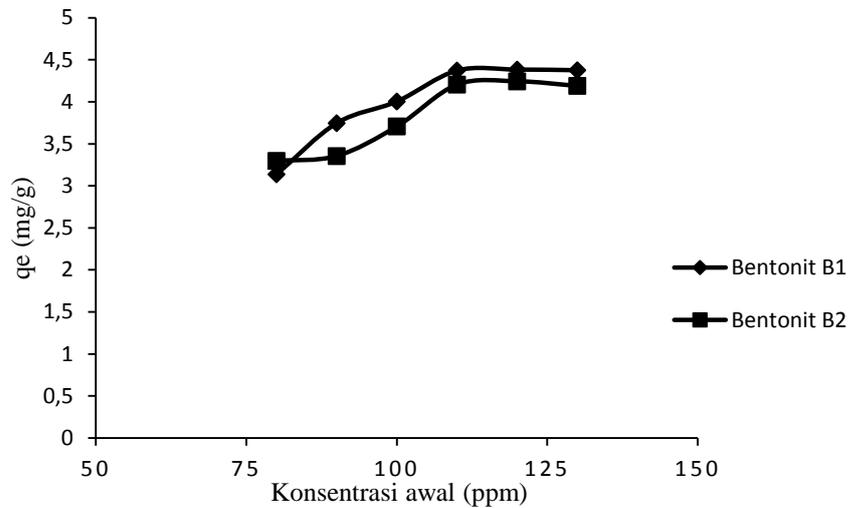
4.3.2 Konsentrasi Awal Optimum

Penentuan kondisi optimum proses adsorpsi dalam penelitian ini dilanjutkan dengan mencari konsentrasi awal optimum dari masing-masing variasi bentonit. Hasil penentuan konsentrasi awal optimum untuk masing-masing variasi aktivasi dan variasi ukuran partikel bentonit ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.5, 4.6 dan 4.7.



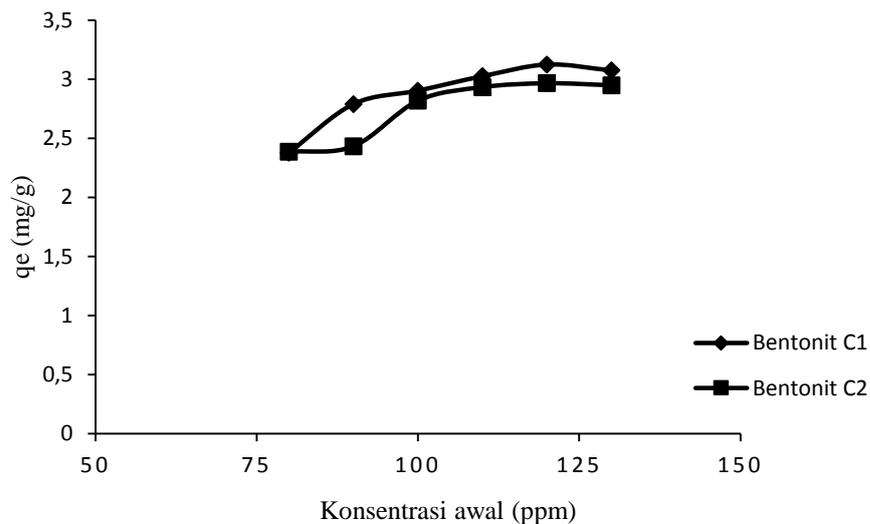
Gambar 4.5 Perbandingan penentuan konsentrasi awal optimum bentonit A₁ Vs bentonit A₂

Gambar 4.5 menjelaskan variasi konsentrasi awal pada bentonit A₁ dan A₂, dari Gambar tersebut bentonit A₁ telah mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 100 ppm yang mampu menyerap fosfat sebanyak 0,514273 mg/g adsorben. Dari grafik tersebut pula diketahui bahwa bentonit A₂ telah mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 90 ppm dan mampu menyerap fosfat sebanyak 0,464564 mg/g adsorben.



Gambar 4.6 Perbandingan penentuan konsentrasi awal optimum bentonit B₁ Vs bentonit B₂

Berdasarkan Gambar 4.6, bentonit B₁ dan bentonit B₂ telah mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 120 ppm namun dengan daya serap yang berbeda. Bentonit B₁ memiliki daya serap sebesar 4,384169 mg/g adsorben sedangkan bentonit B₂ memiliki daya serap sebesar 4,244827 mg/g adsorben.



Gambar 4.7 Perbandingan penentuan konsentrasi awal optimum bentonit C₁ Vs bentonit C₂

Berdasarkan Gambar 4.7, bentonit C₁ dan bentonit C₂ telah mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 120 ppm namun dengan daya serap yang berbeda. Bentonit C₁ memiliki daya serap sebesar 3,123417 mg/g adsorben sedangkan bentonit C₂ memiliki daya serap sebesar 2,965048 mg/g adsorben.

Berdasarkan Gambar 4.5, 4.6, 4.7 telah diketahui konsentrasi awal optimum dalam adsorpsi fosfat oleh masing-masing variasi bentonit. Konsentrasi awal optimum dilihat dari nilai daya serap paling optimum dari beberapa konsentrasi awal oleh masing-masing variasi bentonit. Setelah mencapai kondisi maksimum daya serap bentonit tidak mengalami kenaikan lagi, namun cenderung stabil atau bahkan telah mengalami desorpsi. Jadi dengan penambahan konsentrasi berapapun tidak akan berpengaruh pada daya serap bentonit. Hal ini sesuai dengan pendapat Khilya, (2014) yang menyebutkan bahwa setelah adsorpsi mencapai keadaan setimbang pada konsentrasi awal yang optimum, penambahan konsentrasi tidak akan memberikan pengaruh yang besar terhadap penyerapan adsorbat justru dapat terjadi penurunan (desorpsi).

4.3.3 Ukuran Partikel Optimum

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah ukuran partikel. Pada bahasan ini akan dibahas ukuran partikel bentonit yang optimum untuk digunakan dalam proses adsorpsi. Pada penelitian ini variasi ukuran partikel yang digunakan adalah 100 *mesh* dan 50 *mesh*. Dari hasil penelitian, variasi ukuran bentonit yang paling optimum untuk digunakan sebagai adsorben adalah bentonit ukuran 100 *mesh*. Daya serap bentonit untuk variasi ukuran partikel disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data daya serap bentonit pada masing-masing variasi penelitian

Variasi Penelitian	Kode	Daya serap (mg/g)	
		Ukuran 100 mesh	Ukuran 50 mesh
Variasi waktu kontak	A	0,4845	0,4624
	B	4,3551	4,2051
	C	3,0090	2,9334
Variasi konsentrasi	A	0,5142	0,4645
	B	4,3841	4,2448
	C	3,1234	2,9650

Berdasarkan Tabel 4.5 masing-masing variasi bentonit, pada variasi waktu kontak dan variasi konsentrasi menunjukkan bahwa bentonit berukuran 100 *mesh* memiliki daya serap yang lebih besar daripada bentonit berukuran 50 *mesh*. Bentonit yang paling optimum digunakan dalam proses adsorpsi adalah bentonit berukuran 100 *mesh*, karena semakin kecil ukuran partikel adsorben maka daya serapnya akan semakin besar. Hal ini dikarenakan ukuran partikel yang kecil akan menyebabkan luas permukaan bentonit semakin besar, akibatnya peluang untuk terjadinya kontak antara adsorbat dan adsorben akan semakin tinggi pula.

4.3.4 Penentuan Isoterm adsorpsi masing-masing variasi bentonit

Pada bahasan berikut ini akan dijelaskan penentuan isoterm adsorpsi dari masing-masing variasi bentonit. Isoterm adsorpsi yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Isoterm Langmuir menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat terjadi pada permukaan adsorben (*monolayer*) sedangkan isoterm Freundlich menunjukkan bahwa proses adsorpsi antara adsorben dan adsorbat terjadi dalam beberapa lapisan adsorben (*multilayer*). Isoterm adsorpsi digunakan untuk menentukan jenis adsorpsi, kapasitas adsorpsi serta energi adsorpsi yang terjadi pada masing-masing variasi bentonit. Penentuan kapasitas adsorpsi bentonit

ditentukan dengan membandingkan perhitungan menggunakan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.

Persamaan isoterm Langmuir yaitu:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b \cdot K} + \frac{1}{b} C_e \quad (4.1)$$

Persamaan ishoterm Freundlich yaitu:

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } k + \frac{1}{n} \text{Log } C_e \quad (4.2)$$

Harga energi total adsorpsi (E), dihitung dari persamaan:

$$E = RT \ln K \quad (4.4)$$

Hasil penentuan isoterm adsorpsi (Langmuir dan Freundlich) dan energi adsorpsi untuk masing-masing variasi bentonit paparkan dalam Tabel 4.6. Nilai regresi linier (R^2) dari persamaan linier grafik isoterm dapat digunakan sebagai parameter penentuan jenis isoterm adsorpsi bentonit. Nilai R^2 pada grafik isoterm yang paling mendekati 1, menunjukkan bahwa pola adsorpsi mengikuti pola isoterm tersebut.

Berdasarkan Tabel 4.6 terlihat bahwa pola isoterm untuk masing-masing variasi bentonit pada penelitian ini adalah isoterm Langmuir yang artinya proses adsorpsi yang terjadi hanya sebatas di permukaan adsorben (*monolayer*). Kapasitas adsorpsi bentonit juga dapat dihitung menggunakan isoterm adsorpsi. Menurut isoterm Langmuir kapasitas adsorpsi suatu adsorben adalah nilai b yang dihitung dari $1/\text{slope}$ dari persamaan garis pada grafik isoterm.

Tabel 4.6 Penentuan isoterm adsorpsi, kapasitas adsorpsi, dan energi adsorpsi masing-masing variasi bentonit

Kode	Freundlich			Langmuir			
	K_F	n_F	R^2	b (mg/g)	K (L/g)	R^2	E_{ads} (kJ/mol)
A ₁	0,0929	2,7863	0,5869	0,6566	28,2	0,8706	19,7378
A ₂	0,0663	2,4498	0,5546	0,6235	23,1	0,7999	19,2439
B ₁	0,5214	2,1561	0,9694	7,0323	16,6	0,9783	24,1603
B ₂	0,7782	2,7601	0,7916	6,1013	21,1	0,8945	19,0108
C ₁	0,5851	2,7871	0,9703	4,2826	24,7	0,9936	19,4069
C ₂	0,5851	3,0102	0,8409	4,0849	24,4	0,9457	19,3734

Tabel 4.6 tidak hanya memaparkan jenis isoterm yang berlaku, tetapi juga kapasitas adsorpsi dari masing-masing variasi bentonit. Berdasarkan Tabel 4.6, bentonit B memiliki kapasitas adsorpsi paling besar kemudian diikuti oleh bentonit C dan bentonit A, hal ini menunjukkan bahwa aktivasi kimia mampu meningkatkan kinerja adsorpsi bentonit lebih baik daripada aktivasi secara fisika. Energi adsorpsi yang menyertai proses adsorpsi ion fosfat oleh bentonit di paparkan pada Tabel 4.6, perhitungan lebih rinci dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.4 Variasi Bentonit yang Optimum Untuk Menurunkan kadar Fosfat dalam Perairan

Hasil dari penelitian ini adalah untuk menentukan variasi bentonit manakah yang paling optimum untuk dipakai dalam menurunkan kadar ion fosfat dalam perairan. Dari hasil beberapa variasi yang dilakukan didapatkan bahwa bentonit teraktivasi asam berukuran 100 mesh, merupakan bentonit yang paling baik digunakan sebagai adsorpsi ion fosfat dalam perairan. Dari perhitungan kapasitas adsorpsi menggunakan isoterm adsorpsi diketahui bahwa bentonit teraktivasi asam

berukuran 100 *mesh* memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 7,0323 mg/g dan pola isoterm adsorpsi mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir. Jenis adsorpsi yang terjadi pada proses adsorpsinya tergolong jenis adsorpsi kimia. Hal ini menunjukkan proses aktivasi dengan perendaman asam menghasilkan lebih banyak situs aktif yang dapat berikatan ionik dengan adsorbat, sehingga proses adsorpsi akan lebih maksimal.

4.5 Aplikasi Bentonit Hasil Optimasi dalam Menurunkan Kadar Fosfat dalam Perairan

Bentonit hasil optimasi dalam penelitian ini diaplikasikan langsung untuk menurunkan kadar fosfat dalam sampel perairan. Lokasi perairan yang digunakan sebagai sampel air limbah adalah di daerah persawahan di Desa Tluwah Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Lokasi ini dipilih sebagai tempat pengambilan sampel, karena perairan di lokasi tersebut terindikasi mengandung fosfat yang cukup banyak yang berasal dari penggunaan pupuk oleh petani di lokasi tersebut. Aplikasi bentonit ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan hasil yang akurat. Data penentuan kapasitas adsorpsi untuk menurunkan kadar fosfat dalam perairan disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data penentuan daya serap dalam aplikasi bentonit di perairan

Absorbansi	ppm kurva	Penepatan	Konsentrasi (ppm)	Penurunan (ppm)	m (g)	q _e (mg/g)
0,18	0,740255		8,812554			
0,112	0,469769	25/22	5,592492	3,22	0,1008	0,798627
0,112	0,469769	25/22,5	5,592492	3,22	0,1002	0,803409
0,113	0,473747	25/22,5	5,639845	3,1727	0,1001	0,792385
				3,20427	Rata-rata	0,79814

Hasil penelitian ini menunjukkan bentonit yang diaplikasikan untuk menurunkan kadar fosfat dalam perairan mampu menurunkan kadar fosfat rata-rata sebesar 3,2043 ppm. Massa bentonit yang digunakan adalah 0,1 g dan daya serap rata-ratanya sebesar 0,79814 mg/g atau dengan kata lain dapat menurunkan kadar fosfat sebesar 9,057 %. Daya serap bentonit ini tidak hanya dapat menyerap fosfat dalam perairan sebesar 0,79814 mg/g adsorben, daya serap ini masih akan terus naik. Hal ini dikarenakan kapasitas adsorpsi maksimum bentonit ini mampu mencapai 7,032348 mg/g dan terjadi kesetimbangan pada konsentrasi 120 ppm, jadi kemampuan bentonit ini untuk menyerap fosfat masih dapat bertambah lagi.

Proses adsorpsi ion fosfat menggunakan bentonit dapat dilakukan, walaupun permukaan bentonit bermuatan negatif. Permukaan bentonit yang bermuatan negatif ini tentunya akan menghambat adsorpsi ion fosfat karena akan terjadi tolak menolak. Adanya oksida besi (Fe_2O_3), oksida alumina (Al_2O_3) dan SiO_2 yang merupakan situs aktif dalam kerangka bentonit dapat membantu proses adsorpsi ion fosfat. Ion Fe dan Al pada permukaan bentonit akan bereaksi dengan molekul air dalam larutan fosfat. Muatan yang terhidrasi akan membentuk muatan positif dengan menangkap ion H^+ atau melepaskan ion OH^- . Setelah peristiwa hidrasi tersebut terjadi, pada permukaan bentonit menjadi bermuatan positif oleh adanya ion H^+ dan Al^{3+} . Terbentuknya muatan positif pada bentonit disebabkan oleh masuknya ion H^+ pada lapisan oktahedral menjadi $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan lapisan tetrahedral menjadi SiOH yang membentuk ikatan hidrogen sehingga dapat mengikat ion fosfat yang bermuatan negatif (Auliah,2009).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Difraktogram hasil karakterisasi bentonit menggunakan XRD, menunjukkan bahwa bentonit mengandung mineral montmorillonit, kuarsa dan kaolin. Hasil aktivasi kimia tidak mengakibatkan perubahan struktur kristal bentonit alam. Hasil aktivasi fisika mengakibatkan perubahan struktur kristal bentonit yang semula berbentuk amorf menjadi bentuk kristal (kristalinitas tinggi), serta muncul puncak difraktogram baru pada 20° - 30° yang merupakan karakteristik mineral kaolin. Hasil karakterisasi bentonit menggunakan SAA, menunjukkan bahwa proses aktivasi kimia mampu meningkatkan luas permukaan bentonit yang semula $73,896 \text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $115,273 \text{ m}^2/\text{g}$. Proses aktivasi fisika mampu meningkatkan ukuran pori bentonit yang semula $37,717 \text{ \AA}$ menjadi $42,415 \text{ \AA}$.
2. Kondisi optimum untuk proses adsorpsi bentonit adalah sebagai berikut:
 - (a) Bentonit A₁ (waktu kontak: 120 menit; konsentrasi awal: 100 ppm).
 - (b) Bentonit A₂ (waktu kontak: 300 menit; konsentrasi awal: 90 ppm).
 - (c) Bentonit B₁ (waktu kontak: 180 menit; konsentrasi awal: 120 ppm).
 - (d) Bentonit B₂ (waktu kontak: 180 menit; konsentrasi awal: 120 ppm).
 - (e) Bentonit C₁ (waktu kontak: 120 menit; konsentrasi awal: 120 ppm).
 - (f) Bentonit C₂ (waktu kontak: 240 menit; konsentrasi awal: 120 ppm).

3. Jenis adsorpsi yang diikuti oleh proses adsorpsi ion fosfat menggunakan bentonit yaitu adsorpsi kimia. Model isoterm yang diikuti oleh proses adsorpsi ion fosfat menggunakan bentonit yaitu mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir.
4. Variasi bentonit yang optimum digunakan untuk menurunkan kadar fosfat dalam perairan yaitu bentonit teraktivasi kimia berukuran 100 mesh yang mampu menurunkan kadar ion fosfat sebesar 7,032348 mg/g adsorben, pola adsorpsinya mengikuti pola isoterm Langmuir dengan energi adsorpsi sebesar 24,160326 kJ/mol dan termasuk adsorpsi kimia.
5. Hasil penelitian ini bentonit yang diaplikasikan untuk menurunkan kadar fosfat dalam perairan mampu menurunkan kadar fosfat rata-rata sebesar 3,2043 ppm atau sebesar 9,057 %. Massa bentonit yang digunakan adalah 0,1 g, dan daya serap rata-ratanya sebesar 0,79814 mg/g.

5.2 Saran

Beberapa hal yang dapat penulis sarankan, apabila ada peneliti yang ingin mengembangkan lebih lanjut dan mendalam yaitu

- (1) Perlu dilakukan variasi pH dalam proses adsorpsi ion fosfat dengan menggunakan bentonit untuk mengetahui pada pH berapa adsorpsi ion fosfat paling optimum.
- (2) Perlu dilakukan penelitian yang membandingkan hasil adsorpsi menggunakan bentonit dan menggunakan adsorben lain untuk menurunkan kadar ion fosfat

- (3) Perlu dilakukan uji keasaman permukaan untuk mengetahui tingkat keasaman bentonit yang akan digunakan.
- (4) Perlu dilakukan sosialisasi mengenai kegunaan bentonit, sehingga dapat digunakan secara langsung pada persawahan sebagai penurun kadar ion fosfat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aleart, G, & S. S. Sumestri. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Auliah, A. 2009. Lempung Aktif Sebagai Adsorben Ion Fosfat Dalam Air. *Jurnal Chemica*, 10(2): 14-23.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Air dan Air Limbah- Bagian 31: Cara Uji Kadar Fosfat dengan Spektrofotometer secara Asam Askorbat*. SNI 06-6989.31-2005.
- Bath, D. S., J. M. Siregar & M. T. Lubis. 2012. Penggunaan Tanah Bentonit Sebagai Adsorben Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(1): 1-4.
- Cholil, M. 1998. Analisis Penurunan Muka Airtanah di Kotamadya Surakarta. *Forum Geografi*, 12(23).
- Dharmayanthi, A. B. 2006. *Preparasi Bentonit Terpilar Al Dan Terimpregnasi Cr Serta Aplikasinya Sebagai Katalis Pada Pirolisis Polipropilen Menjadi Hidrokarbon*. Skripsi. Semarang : FMIPA UNNES.
- Hardiyanto, F. 2009. *Optimasi Pereaksi Amonium Molibdat Pada Penetapan Kadar Fosfor Secara Spektrofotometer Sinar Tampak dengan Metoda Respon Permukaan*. Skripsi. Medan : Fakultas Farmasi Universitas Sumatra Utara.
- Hartanti, E. 2012. Sintesis Kitosan-Bentonit Serta Aplikasinya Sebagai Penurun Kadar Insektisida Jenis Diazinon. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(2): 110-115, Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/748/756> [diakses 28-07-2015].
- Hendayana, S. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Hutagalung, H. P, & D. Setiapermana. 1994 *Metode Analisa Air Laut, Sedimen, dan Biota*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Karimah, K. N. 2006. *Kapasitas Adsorpsi Bentonit Terhadap Logam Cr(III) Pada Kondisi Optimum*. Skripsi. Semarang : FMIPA UNNES.
- Keenan, R. 1992. *Kimia untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Cetakan. Pertama. Jakarta : UI-Press.
- Khilya, A. 2014. Sintesis Arang Aktif Alang-Alang(*Imperata cylindrica*) dan Optimasi Aplikasinya dalam Menurunkan Kadar Cd²⁺ pada Larutan. Skripsi. Semarang : FMIPA UNNES.
- Kuroki, V., G. E. Bosco, P. S. Fadini, A. A. Mozeto, A. R. Cestari, & W. A. Carvalho. 2014. Use of a La(III)-modified bentonite for effective

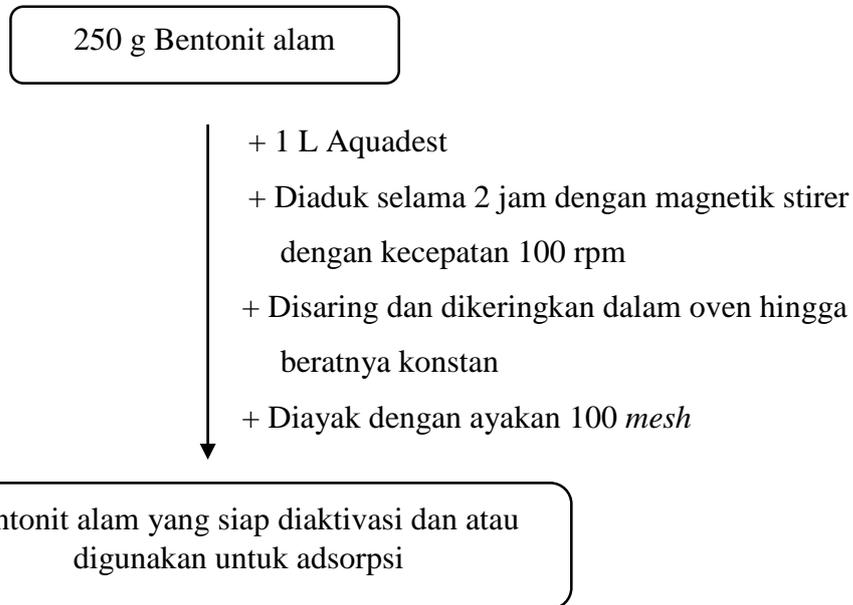
- phosphate removal from aqueous media. *Journal of Hazardous Materials* 274. Maret 2014.
- Larosa, Y. N. 2007. *Studi Pengetsaan Bentonit Terpillar-Fe₂O₃*. Skripsi. Medan : Universitas Sumatra Utara.
- Nasution, E. Z. 2010. Bentonit sebagai Bahan penyerap (adsorben) atau Bahan Pemucat pada Industri Minyak Kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3):1-10.
- Nurhayati, H. 2010. *Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu*. Skripsi. Surakarta : FMIPA Universitas Sebelas Maret.
- Permanasari, A., Della & Zackiyah. 2011. *Adsorpsi Simultan Kitosan-Bentonit Terhadap Ion Logam Dan Residu Pestisida Dalam Air Minum Dengan Teknik Batch*. Diseminarkan pada Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia UNY, November 2011.
- Rohmah, N. N., Hendrawati, & T. H. Prihadi. 2008. *Analisis Kadar Phosfat dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) pada Tambak Air Payau akibat Rembesan Lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Sahan, Y. K., Despramita, & Y. Sultana. 2012. Penentuan daya jerap bentonit dan kesetimbangan adsorpsi bentonit terhadap ion Cu (II). *Jurnal Chem. Prog*, 5(2): 93-99.
- Sahara, E. 2011. Regenerasi Lempung Bentonit Dengan NH⁴⁺ Jenuh yang Diaktivasi Panas Dan Daya Adsorpsinya terhadap Cr(III). *Jurnal Kimia*, 5(1): 81-87.
- Sastrohamidjojo, H. 1991. *Spektroskopi*. Cetakan kedua. Yogyakarta: UGM.
- Tandy, E. 2012. Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak pelumas Dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2): 34-38.
- Underwood, A,L & R.A. Day, Jr. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Wahyuni, E.T. 2003. Hand Out Metode Difraksi Sinar-X. Laboratorium kimia Analitik FMIPA UGM Yogyakarta.
- Widihati , I. A. G. 2009. Adsorpsi Ion Pb²⁺ Oleh Lempung Terinterkalasi Surfaktan. *Jurnal Kimia*. 3(1): 27-32.
- Widyawan, A.M. D. & B. A. Irawan. 2006. *Laporan Tugas Akhir Proyek Pembangunan Embung di Kabupaten Blora*. Semarang : UNDIP.
- Yulianti, N. 2003. *Adsorpsi Ion Logam Pb₂+ Oleh arang aktif Tongkol jagung Dengan aktivasi Fisika dan Kimia* . Skripsi. Semarang : FMIPA UNNES.
- Zamroni, H. & T. Las. 2003. *Lempung Berpillar Untuk Keselamatan Pengolahan Limbah Radioaktif (P2PLR)-BATAN*. Diseminarkan pada Seminar Tahunan Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir, Jakarta, 11 Desember 2003.

Lampiran

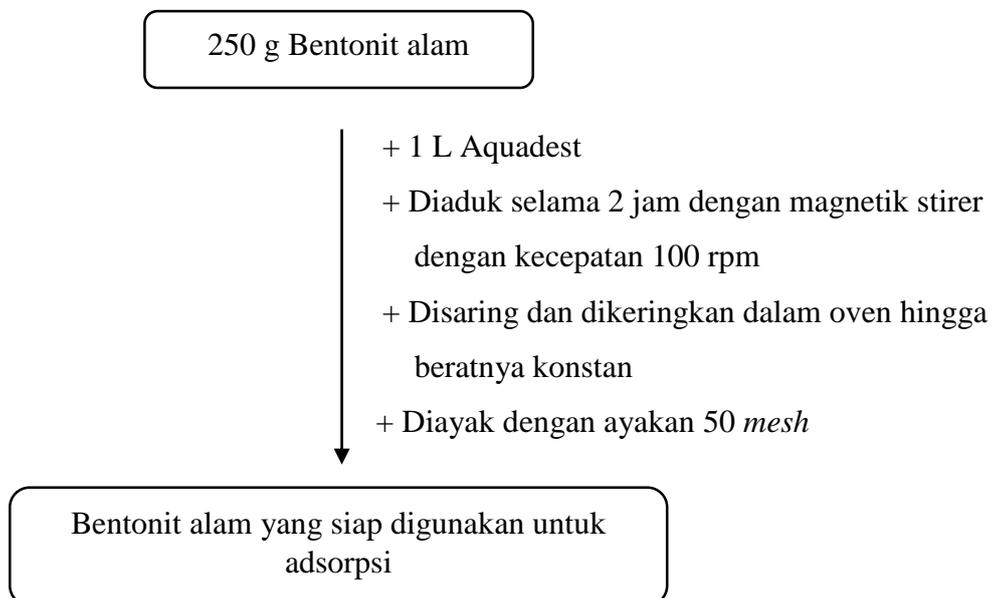
Lampiran 1. Diagram Cara Kerja

a. Perlakuan awal Bentonit

1. Perlakuan Awal Bentonit Alam (A₁)

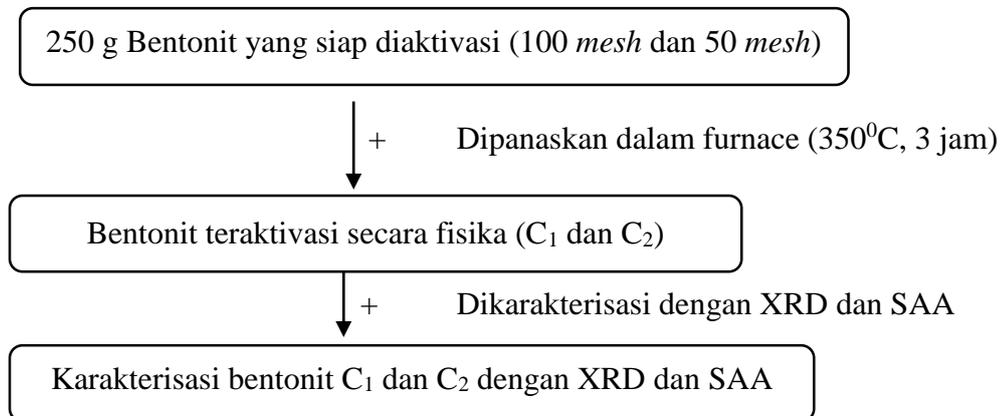


2. Perlakuan Awal Bentonit Alam (A₂)

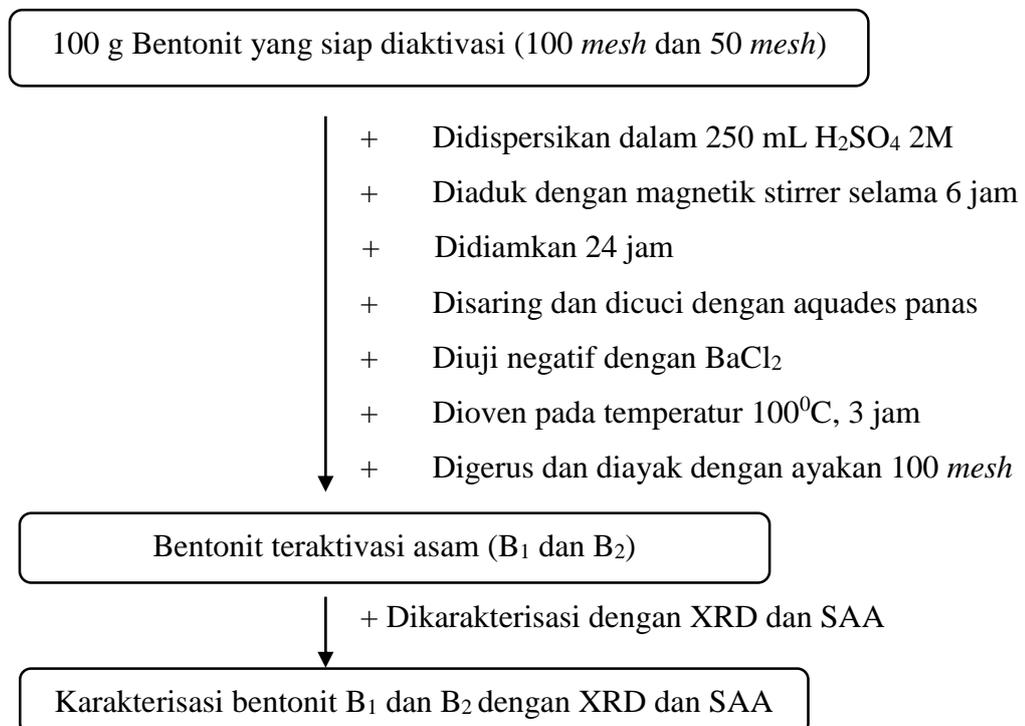


b. Proses Aktivasi Bentonit

1. Aktivasi Secara Fisika (C)

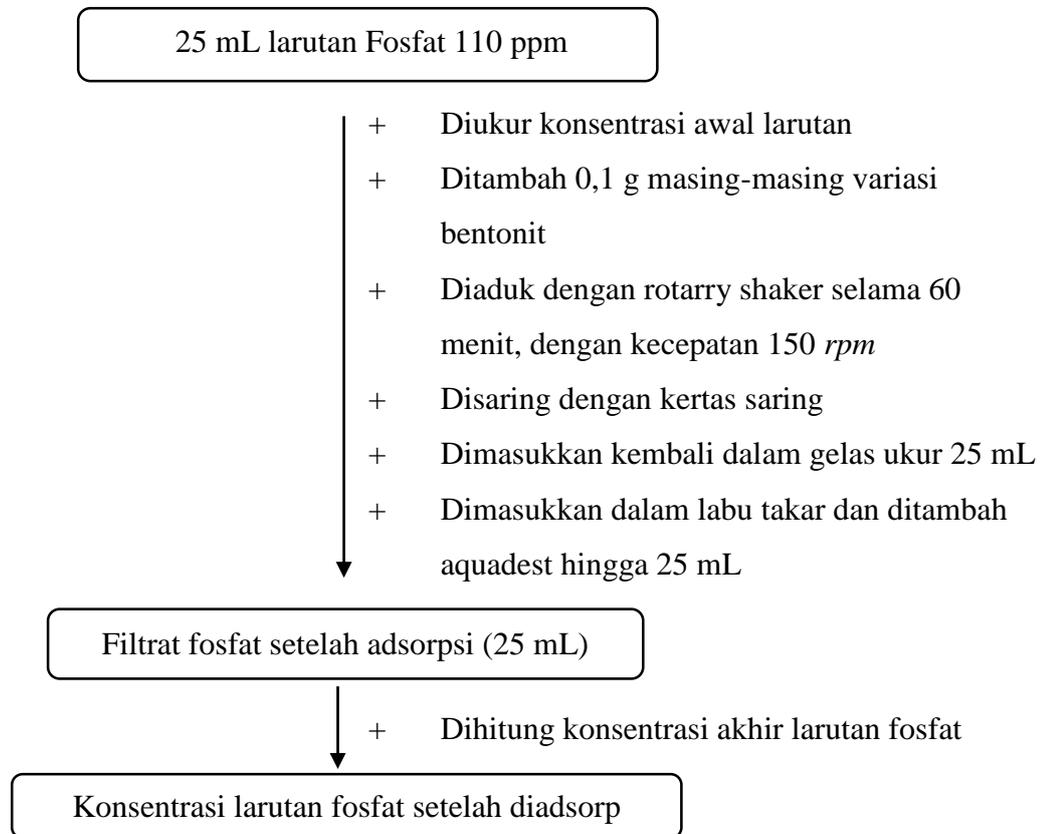


2. Aktivasi Secara Kimia (B)



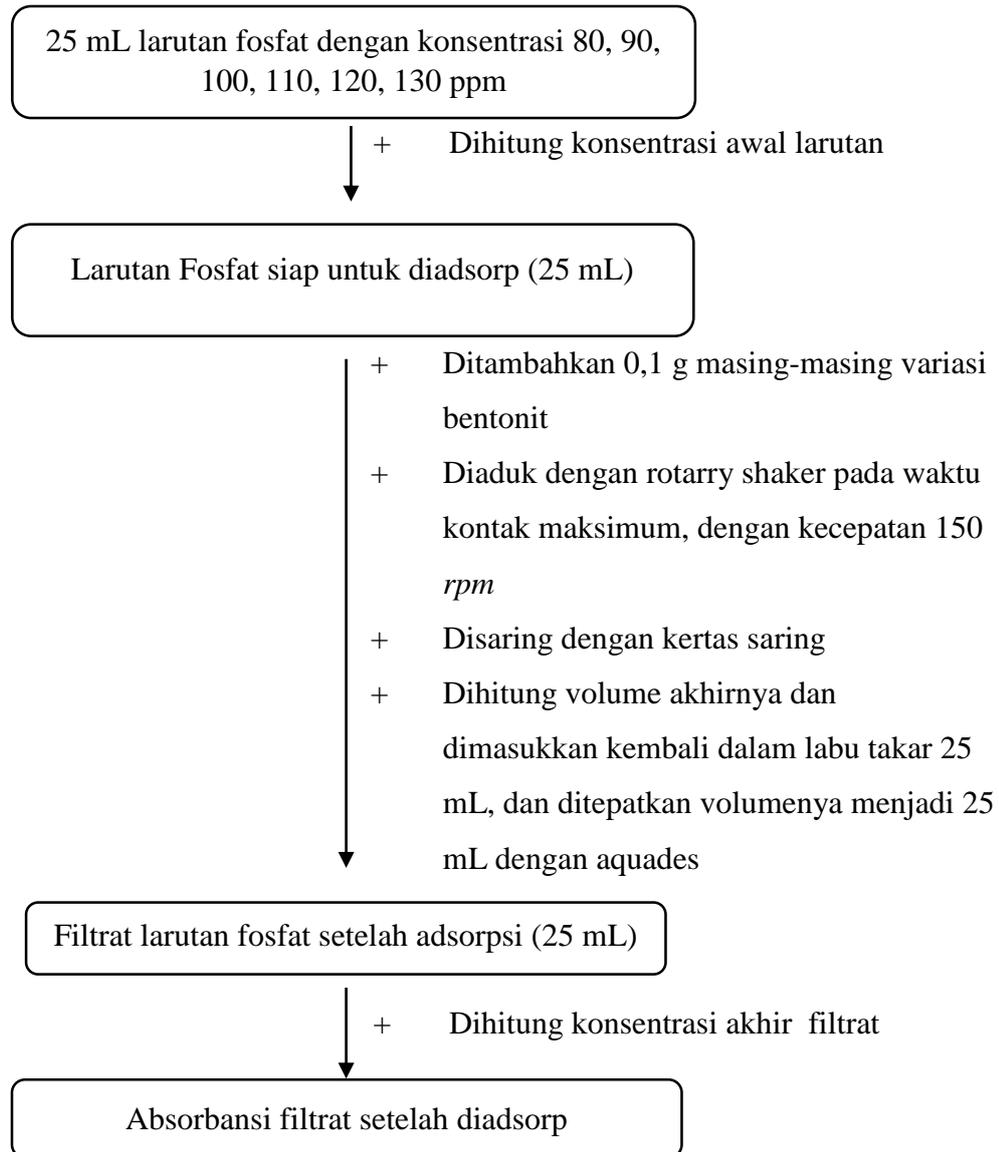
c. Penentuan Isotherm Adsorpsi Bentonit

1. Penentuan Waktu Kontak Optimum



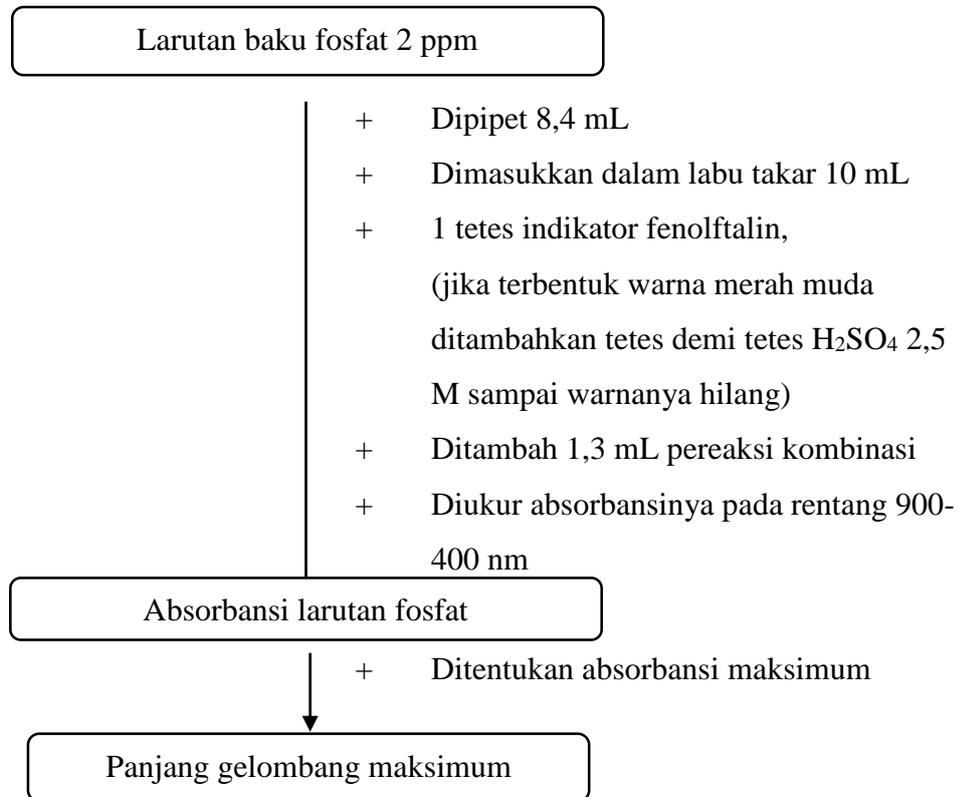
Mengulangi cara kerja diatas untuk variasi waktu kontak yang lain (120, 180, 240, 300 menit).

2. Penentuan Konsentrasi Awal yang Memiliki Daya Serap Optimum

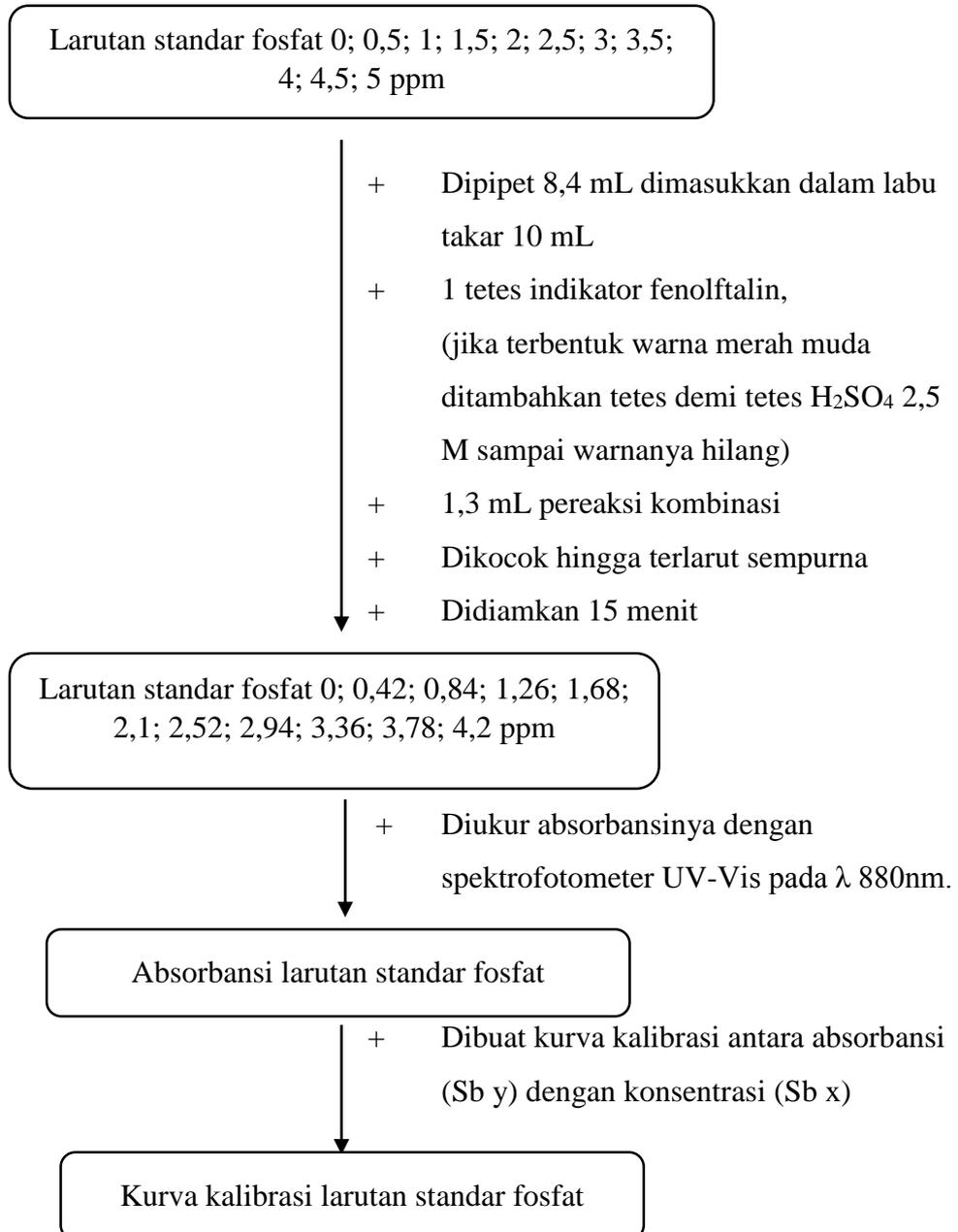


d. Analisis Fosfat dengan Spektrofotometer UV-Vis

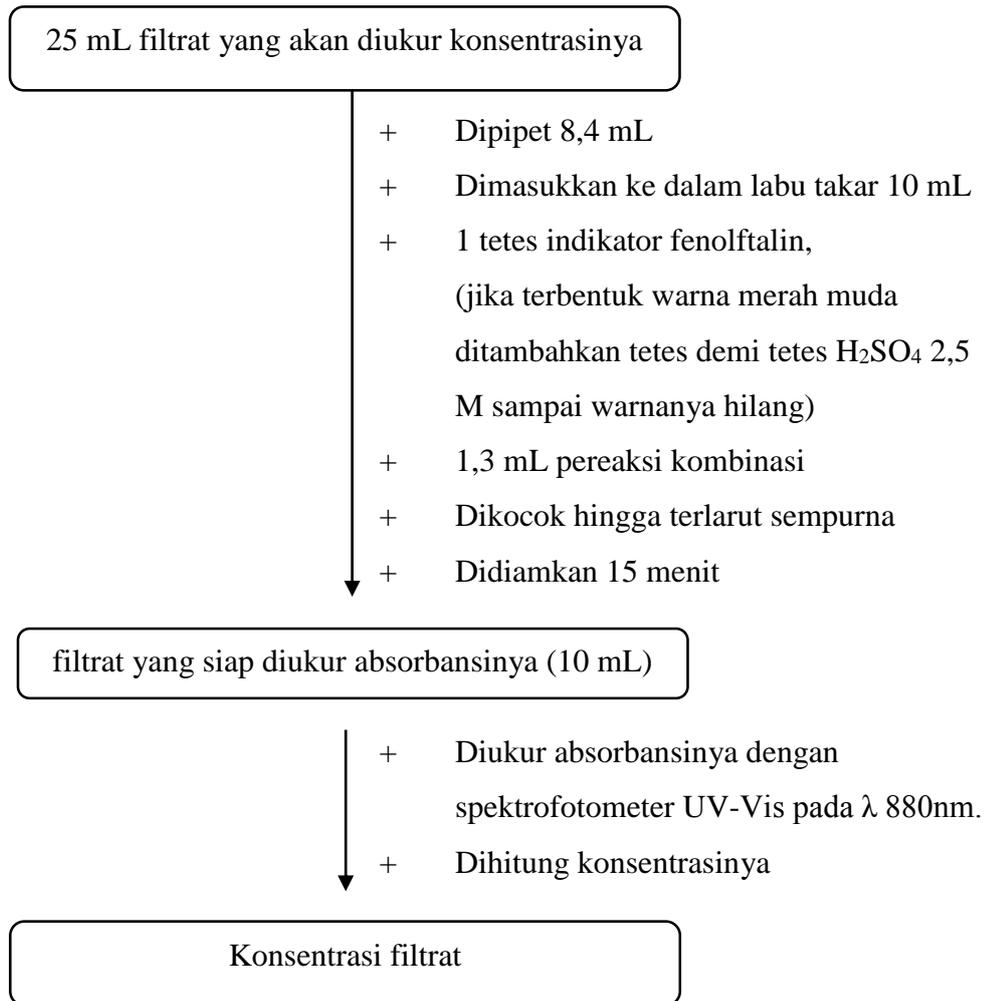
1. Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum



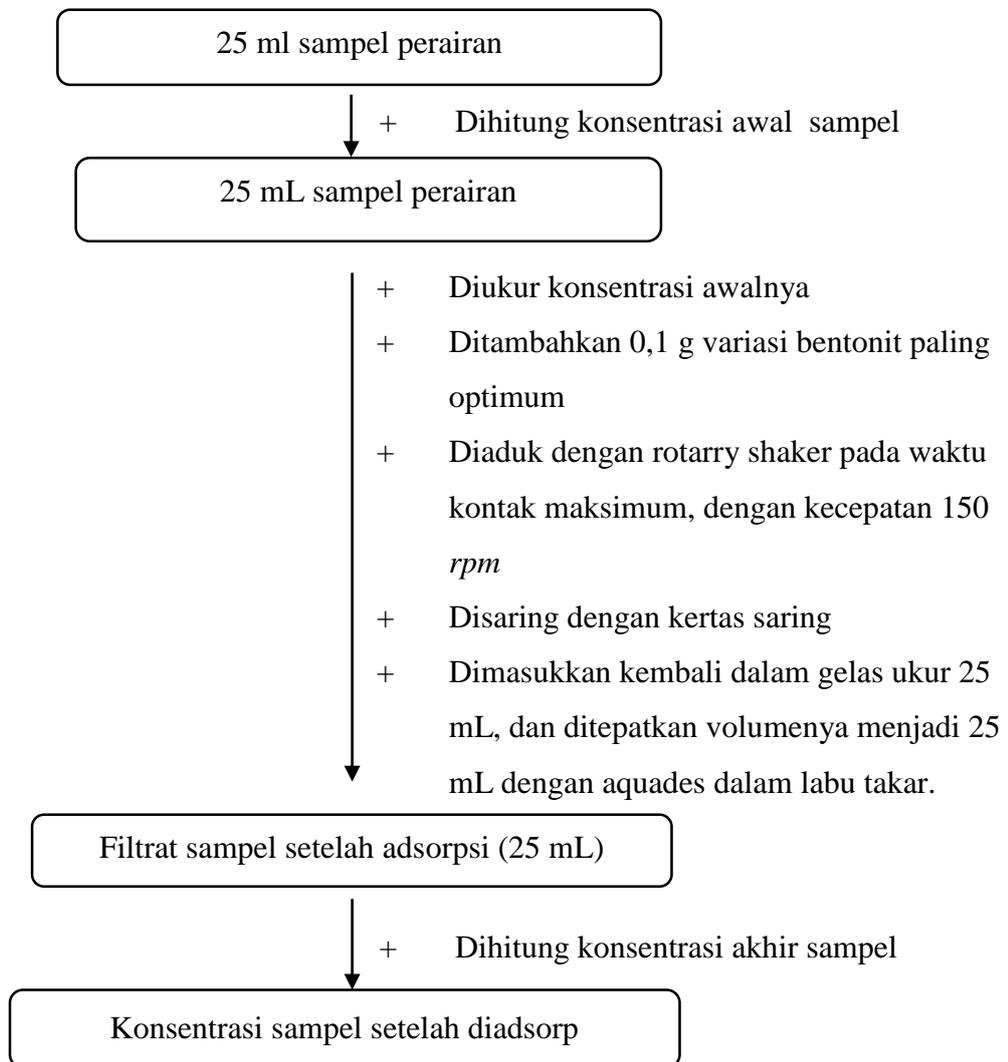
2. Pembuatan Kurva Kalibrasi



3. Analisis ion fosfat dengan spektrofotometer UV-Vis



- e. Aplikasi Bentonit pada kondisi optimum untuk menurunkan kadar fosfat dalam perairan



Mengulangi prosedur di atas sebanyak 3 kali pengulangan.

Lampiran 2. Pembuatan Larutan

1. Cara Pembuatan Larutan

a. Larutan H₂SO₄ 2 M, 250 mL

Mengencerkan larutan H₂SO₄ p.a (% = 98 % Mr = 98,08, $\rho = 1,84 \text{ gr/cm}^3$, T = 25⁰C) sebanyak 27,196 mL dimasukkan lewat dinding, ke dalam labu 250 mL yang telah berisi aquades 240 mL, ditambah dengan aquades sampai tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

b. Larutan H₂SO₄ 2,5 M, 500 mL

Mengencerkan larutan H₂SO₄ p.a (% = 98 % Mr = 98,08, $\rho = 1,84 \text{ gr/cm}^3$, T = 25⁰C) sebanyak 67,99 mL dimasukkan lewat dinding, ke dalam labu takar 500 mL yang telah berisi aquades 450 mL, ditambah dengan aquades sampai tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

c. Larutan Ba(OH)₂ 0,05M, 50 mL

Larutan Ba(OH)₂ 0,05M dibuat dengan cara melarutkan 0,80479 g Ba(OH)₂ *8H₂O ke dalam 45 mL aquades dalam beaker glass 50 mL. Larutan dimasukkan dalam labu takar 50 mL, kemudian ditambah aquades hingga tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

d. Indikator fenolftalin 1 % (b/v)

Ditimbang 0,25 g indikator fenolftalein dan dilarutkan dengan 23 mL etanol dalam labu takar 25 mL sampai garis tanda. Kocok hingga terlarut sempurna.

e. Larutan Asam Askorbat (C₆H₈O₆) 0,1 M

Melarutkan asam askorbat sebanyak 4,4033 g, dimasukkan ke dalam labu takar 250 mL, ditambah dengan aquadest sampai tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

f. Larutan Kalium Antimonil Tartarat (K(SbO)C₄H₄O₆ . 0,5 H₂O) 8,2 x 10⁻³ M

Melarutkan 0,1383 g Kalium Antimonil Tartarat, dalam labu takar 50 mL, kemudian ditambah dengan aquadest hingga tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

g. Larutan Amonium Molibdat [(NH₄)₆ Mo₇O₂₄ . 4 H₂O] 0,03236 M

Melarutkan 4,878 g Amonium Molibdat dalam labu takar 100 mL, kemudian ditambahkan dengan aquadest hingga tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

h. Pereaksi Kombinasi

Pereaksi kombinasi di buat dengan mencampurkan 15 mL larutan Amonium Molibdat $[(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{21}]$ 0,03236 M, 50 mL larutan H_2SO_4 2,5 M, 5 mL larutan Kalium Antimonil Tartarat $(\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)$ $8,2 \times 10^{-3}$ M dan 30 mL larutan Asam Askorbat $(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)$ 0,1 M, kedalam labu takar 100 mL. Kocok hingga terlarut sempurna.

i. Larutan H_2PO_4^- (500 ppm)

Melarutkan 0,7086 g KH_2PO_4 dalam labu takar 1000 mL, kemudian ditambah dengan aquadest sampai tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

j. Larutan H_2PO_4^- (100 ppm)

Larutan H_2PO_4^- 100 ppm dibuat dengan memipet 20 mL H_2PO_4^- 500 ppm ke dalam labu takar 100 mL kemudian ditambah dengan aquades sampai tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

k. Larutan H_2PO_4^- (10 ppm)

Larutan H_2PO_4^- 10 ppm dibuat dengan memipet 10 mL larutan fosfat 100 ppm ke dalam labu takar 100 mL, kemudian ditambah aquades hingga tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

l. Larutan Standar H_2PO_4^- (0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5 ppm)

Larutan standar H_2PO_4^- 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5 ppm dibuat dengan cara memipet 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5 mL larutan fosfat 10 ppm ke dalam labu takar 10 mL, kemudian ditambah dengan aquades sampai tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

m. Larutan H_2PO_4^- 80, 120, 160, 200, 240 ppm, masing-masing 100 mL.

Larutan H_2PO_4^- 80, 120, 160, 200, 240 ppm dibuat dengan cara memipet 16, 24, 32, 40, 48 mL H_2PO_4^- 500 ppm ke dalam labu takar 100 mL kemudian ditambah dengan aquades sampai tanda batas. Kocok hingga terlarut sempurna.

2. Perhitungan Pembuatan Larutan V_2

- a. Larutan H_2SO_4 2 M, 250 mL
Menghitung molaritas H_2SO_4 p.a

$$(\% = 98 \text{ \%Mr} = 98,08, \rho = 1,84 \text{ gr/cm}^3)$$

$$M = \frac{10 \times \rho \times \%}{Mr}$$

$$M = \frac{10 \times 1,84 \times 98}{98,08}$$

$$M = 18,3849 \text{ M}$$

Larutan H_2SO_4 2 M, 250 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$18,3849 \times V_1 = 2 \times 250$$

$$V_1 = 27,196 \text{ mL}$$

- c. Larutan $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,05M, 50 mL

$$(\text{Mr} = 315,48, \% = 98\%)$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$n = 0,05 \times 0,05$$

$$n = 0,0025 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{Mr}$$

$$m = n \times Mr$$

$$m = 0,7887 \text{ g (100 \%)}$$

$$m = \frac{100}{98} \times 0,7887$$

$$m = 0,80479 \text{ g}$$

- e. Indikator Fenolftalin 1% (b/v)

$$1\% = \frac{b}{V}$$

$$0,01 = \frac{0,25}{V}$$

$$V = \frac{0,25}{0,01}$$

$$V = 25 \text{ mL}$$

- b. Larutan H_2SO_4 2,5 M, 500 mL
Menghitung molaritas H_2SO_4 p.a

$$(\% = 98 \text{ \%Mr} = 98,08, \rho = 1,84 \text{ gr/cm}^3)$$

$$M = \frac{10 \times \rho \times \%}{Mr}$$

$$M = \frac{10 \times 1,84 \times 98}{98,08}$$

$$M = 18,3849 \text{ M}$$

Larutan H_2SO_4 2,5 M, 500 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$18,3849 \times V_1 = 2,5 \times 500$$

$$V_1 = 67,99 \text{ mL}$$

- d. Larutan asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)
0,1 M, 250 mL

$$(\text{Mr} = 176,13)$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$n = 0,1 \times 0,25$$

$$n = 0,025 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{Mr}$$

$$m = 0,025 \times 176,13$$

$$m = 0,4403 \text{ g}$$

- f. Larutan kalium antimonil tartarat

$$(8,2 \times 10^{-3} \text{ M, } 50 \text{ mL}), (\text{Mr}=333,93, \%=99\%)$$

$$M = n \times V$$

$$n = 8,2 \times 10^{-3} \times 0,05$$

$$n = 0,00041 \text{ mol}$$

$$m = 0,00041 \times 333,93$$

$$m = 0,1369 \text{ g (100\%)}$$

$$m = (100/99) \times 0,1369$$

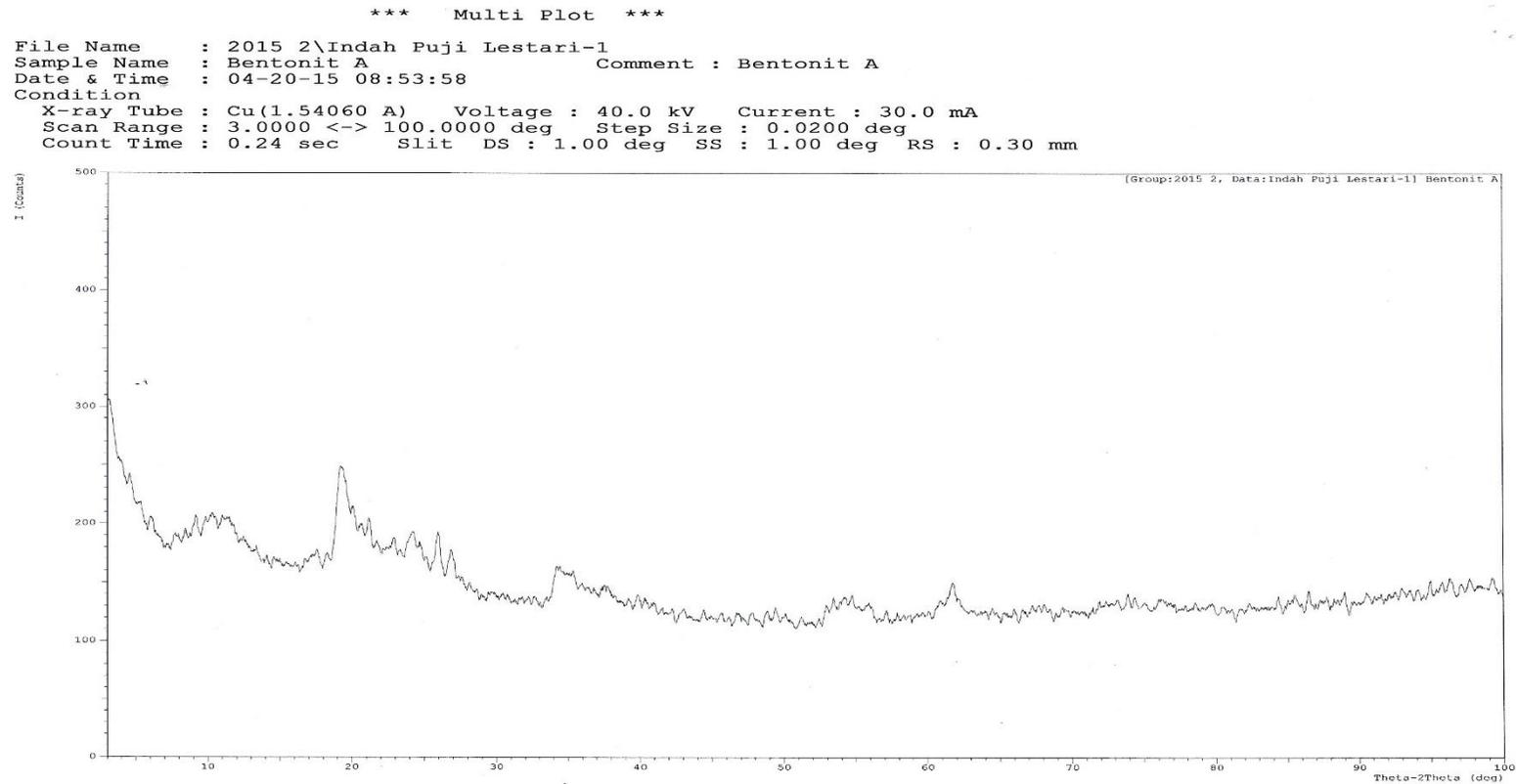
- g. Larutan amonium molibdat
0,03236 M, 100 mL, (Mr=1.235,99,% =82%)
 $M = n \times V$
 $n = 0,03236 \times 0,1$
 $n = 0,003236 \text{ mol}$
 $m = 0,003236 \times 1.235,99$
 $m = 3,9996 \text{ g (100\%)}$
 $m = (100/82) \times 3,9996$
 $m = 4,878 \text{ g}$
- i. Larutan H_2PO_4^- (100 ppm)
 $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 $500 \times V_1 = 100 \times 100$
 $V_1 = 20 \text{ mL}$
- k. Larutan H_2PO_4^- (80 ppm)
 $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 $500 \times V_1 = 80 \times 100$
 $V_1 = 16 \text{ mL}$
- m. Larutan H_2PO_4^- (110 ppm)
 $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 $500 \times V_1 = 110 \times 100$
 $V_1 = 22 \text{ mL}$
- o. Larutan H_2PO_4^- (130 ppm)
 $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 $500 \times V_1 = 130 \times 100$
 $V_1 = 26 \text{ mL}$
- h. Larutan H_2PO_4^- (500 ppm)
(Mr $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 136,09, \% = 99\%$)
 $m \text{ KH}_2\text{PO}_4 = \frac{Mr \text{ KH}_2\text{PO}_4}{Mr \text{ H}_2\text{PO}_4^-} \times m \text{ H}_2\text{PO}_4^-$
 $m \text{ KH}_2\text{PO}_4 = \frac{136,09}{96,99} \times 500 \text{ mg}$
 $m \text{ KH}_2\text{PO}_4 = 701,5671 \text{ mg}$
 $m \text{ KH}_2\text{PO}_4 = 0,70156 \text{ g (100\%)}$
 $m \text{ KH}_2\text{PO}_4 = (100/99) \times 0,70156$
 $m \text{ KH}_2\text{PO}_4 = 0,7086 \text{ g}$
- j. Larutan H_2PO_4^- (10 ppm)
 $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 $100 \times V_1 = 10 \times 100$
 $V_1 = 10 \text{ mL}$
- l. Larutan H_2PO_4^- (90 ppm)
 $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 $500 \times V_1 = 90 \times 100$
 $V_1 = 18 \text{ mL}$
- n. Larutan H_2PO_4^- (120 ppm)
 $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 $500 \times V_1 = 120 \times 100$
 $V_1 = 24 \text{ mL}$

Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Bentonit

a. Hasil Karakterisasi Bentonit Menggunakan XRD

1. Gambar difraktogram bentonit hasil karakterisasi menggunakan XRD

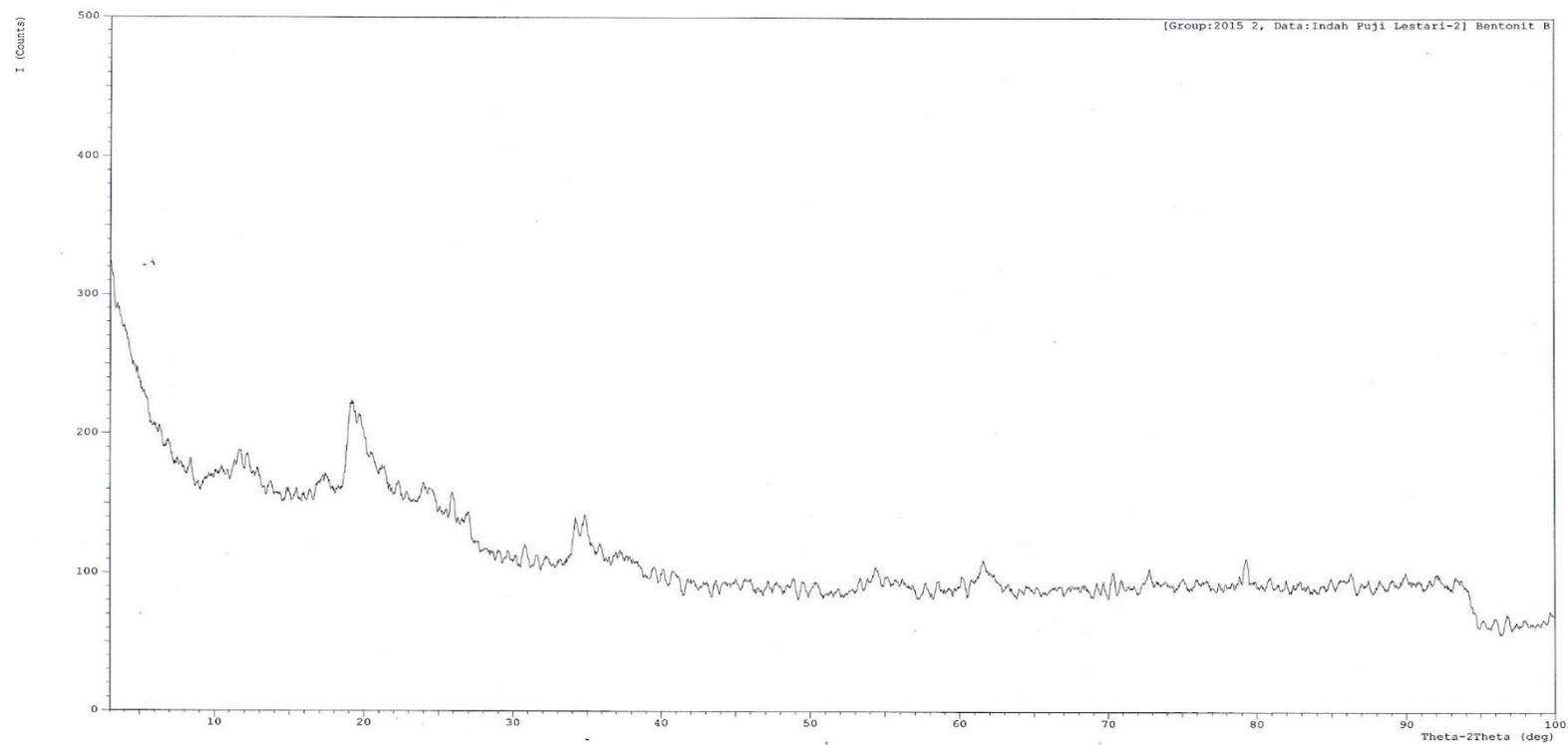
Bentonit Alam



Bentonit Teraktivasi Kimia

*** Multi Plot ***

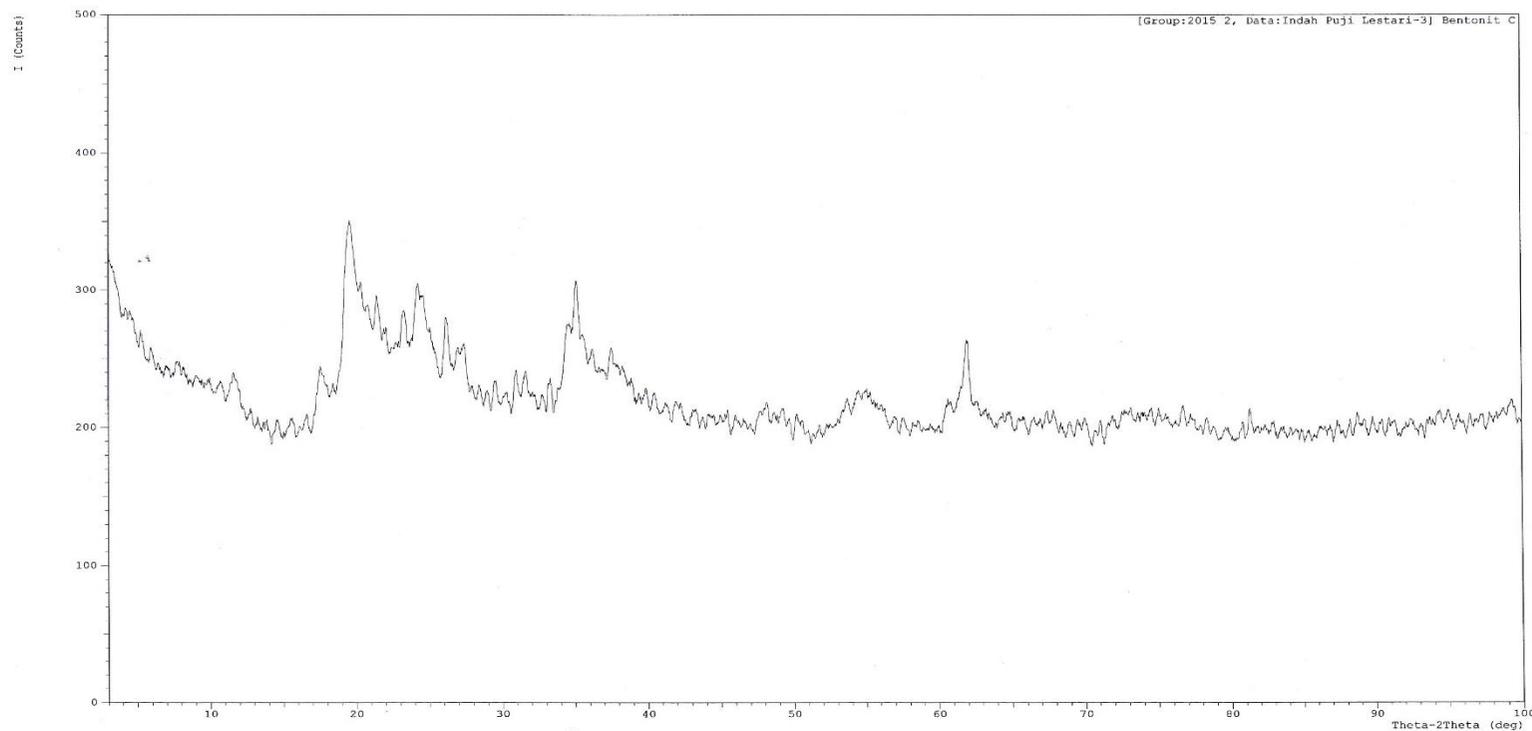
File Name : 2015 2\Indah Puji Lestari-2
Sample Name : Bentonit B Comment : Bentonit B
Date & Time : 04-20-15 09:16:01
Condition
X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 3.0000 <-> 100.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
Count Time : 0.24 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



Bentonit Teraktivasi Fisika

*** Multi Plot ***

File Name : 2015 2\Indah Puji Lestari-3
Sample Name : Bentonit C Comment : Bentonit C
Date & Time : 04-20-15 09:37:51
Condition
X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 3.0000 <-> 100.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
Count Time : 0.24 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



2. Data Hasil Karakterisasi XRD

Bentonit Alam

*** Basic Data Process ***

Group Name : 2015 2
 Data Name : Indah Puji Lestari-1
 File Name : Indah Puji Lestari-1.PKR
 Sample Name : Bentonit A
 Comment : Bentonit A

#	Strongest	3 peaks						
no.	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
	no.	(deg)	(A)		(deg)	(Counts)	(Counts)	
1	18	19.3600	4.58116	100	0.88000	50	1901	
2	19	20.0400	4.42722	48	0.50000	24	780	
3	24	25.9400	3.43208	40	0.28000	20	292	

#	Peak	Data	List					
no.	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
	no.	(deg)	(A)		(deg)	(Counts)	(Counts)	
1		3.2366	27.27604	16	0.32670	8	116	
2		4.6000	19.19426	12	0.16000	6	49	
3		5.3300	16.56693	14	0.06000	7	53	
4		6.0966	14.48537	16	0.31330	8	123	
5		7.6900	11.48715	16	0.22000	8	150	
6		8.4283	10.48248	16	0.12330	8	79	
7		9.1433	9.66430	26	0.24670	13	234	
8		10.1866	8.67672	30	0.89330	15	610	
9		11.3550	7.78639	28	0.95000	14	645	
10		12.4600	7.09824	12	0.16000	6	87	
11		13.3650	6.61955	10	0.11000	5	57	
12		14.0733	6.28795	10	0.14670	5	51	
13		14.5800	6.07054	14	0.08000	7	67	
14		16.0750	5.50918	6	0.03000	3	6	
15		16.7250	5.29651	12	0.15000	6	99	
16		17.5566	5.04746	16	0.19330	8	160	
17		18.1950	4.87177	6	0.05000	3	14	
18		19.3600	4.58116	100	0.88000	50	1901	
19		20.0400	4.42722	48	0.50000	24	780	
20		21.1833	4.19078	34	0.27330	17	340	
21		22.9286	3.87558	20	0.19070	10	117	
22		24.1400	3.68377	30	0.48000	15	399	
23		24.6300	3.61158	20	0.22000	10	141	
24		25.9400	3.43208	40	0.28000	20	292	
25		26.9166	3.30974	30	0.39330	15	302	
26		27.6000	3.22932	10	0.12000	5	43	
27		28.1283	3.16985	10	0.11670	5	38	
28		29.6600	3.00955	6	0.28000	3	90	
29		30.3200	2.94552	6	0.02000	3	5	
30		30.4350	2.93466	6	0.05000	3	29	
31		31.7900	2.81259	8	0.06000	4	24	
32		32.6666	2.73909	8	0.21330	4	72	
33		33.4066	2.68009	8	0.09330	4	24	
34		34.5400	2.59470	40	1.20000	20	903	
35		35.2800	2.54195	28	0.44000	14	294	
36		35.9600	2.49542	14	0.12000	7	87	
37		37.7450	2.38141	18	0.11000	9	139	
38		39.2100	2.29575	6	0.06000	3	12	
39		39.8400	2.26088	12	0.16000	6	59	
40		40.3183	2.23516	12	0.10330	6	48	
41		41.0050	2.19930	12	0.13000	6	60	
42		41.4600	2.17621	8	0.12000	4	45	
43		42.2300	2.13829	14	0.14000	7	81	
44		43.0000	2.10177	16	0.28000	8	204	
45		43.6133	2.07362	6	0.02670	3	5	
46		44.4000	2.03869	16	0.18000	8	95	
47		44.9400	2.01544	4	0.08000	2	17	

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I ₁	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
48	45.6400	1.98614	6	0.14000	3	28
49	46.7466	1.94167	8	0.14670	4	44
50	47.7550	1.90300	12	0.31000	6	104
51	48.7900	1.86502	16	0.26000	8	114
52	49.3766	1.84423	22	0.16670	11	130
53	50.1100	1.81894	14	0.10000	7	64
54	51.2000	1.78275	12	0.16000	6	58
55	51.8650	1.76144	6	0.03000	3	20
56	52.9200	1.72879	26	0.26000	13	204
57	53.3975	1.71445	28	0.31500	14	250
58	54.1900	1.69123	30	0.38000	15	345
59	54.6933	1.67685	30	0.33330	15	316
60	55.8500	1.64483	24	0.44000	12	400
61	57.1050	1.61163	18	0.21000	9	139
62	57.8883	1.59167	16	0.12330	8	69
63	58.8000	1.56915	6	0.04000	3	15
64	59.4450	1.55365	4	0.03000	2	8
65	60.8550	1.52099	22	0.23000	11	236
66	61.6750	1.50272	40	0.39000	20	559
67	62.2800	1.48956	10	0.02660	5	18
68	63.0100	1.47405	4	0.06000	2	17
69	64.0200	1.45321	10	0.12000	5	63
70	64.5800	1.44196	8	0.06000	4	76
71	65.2650	1.42847	18	0.21000	9	164
72	65.9800	1.41471	16	0.16000	8	85
73	66.5500	1.40397	12	0.10000	6	52
74	67.2733	1.39062	12	0.14670	6	80
75	69.3600	1.35380	10	0.08000	5	45
76	70.1400	1.34064	8	0.12000	4	49
77	70.6500	1.33221	6	0.10000	3	38
78	71.3800	1.32036	6	0.04000	3	30
79	71.8950	1.31217	18	0.15000	9	83
80	72.3500	1.30503	14	0.14000	7	87
81	73.1700	1.29242	14	0.18000	7	99
82	73.8950	1.28152	20	0.19000	10	95
83	74.3550	1.27473	18	0.17000	9	77
84	75.0400	1.26478	6	0.12000	3	41
85	76.0800	1.25006	16	0.28000	8	163
86	76.8150	1.23992	10	0.11000	5	56
87	77.8450	1.22607	6	0.03000	3	15
88	78.5750	1.21650	12	0.19000	6	93
89	79.6800	1.20238	12	0.12000	6	98
90	80.4583	1.19270	12	0.26330	6	103
91	81.0600	1.18536	12	0.20000	6	84
92	81.6350	1.17846	14	0.25000	7	102
93	82.2900	1.17073	18	0.22000	9	132
94	82.8750	1.16394	6	0.05000	3	18
95	84.3200	1.14764	20	0.16000	10	81
96	85.5200	1.13458	22	0.24000	11	283
97	86.4700	1.12454	36	0.22000	18	242
98	87.2950	1.11602	10	0.09000	5	62
99	87.7466	1.11144	14	0.14670	7	69
100	88.2400	1.10649	14	0.08000	7	52
101	88.9600	1.09939	24	0.20000	12	157
102	89.5633	1.09354	14	0.22000	7	91
103	90.5550	1.08413	16	0.19000	8	102
104	92.4766	1.06657	6	0.04670	3	22
105	92.9875	1.06204	12	0.22500	6	66
106	93.5050	1.05752	10	0.07000	5	43
107	94.1300	1.05214	12	0.14000	6	48
108	94.9550	1.04517	22	0.17000	11	108
109	95.8000	1.03817	16	0.16000	8	100

peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
110	96.3800	1.03346	24	0.28000	12	158
111	97.1000	1.02771	18	0.22660	9	108
112	97.7000	1.02299	24	0.24000	12	136
113	98.3800	1.01773	12	0.24000	6	81
114	99.2633	1.01103	22	0.24670	11	163

Bentonit Teraktivasi Asam

*** Basic Data Process ***

Group Name : 2015 2
 Data Name : Indah Puji Lestari-2
 File Name : Indah Puji Lestari-2.PKR
 Sample Name : Bentonit B
 Comment : Bentonit B

#	Strongest peak no.	3 peaks 2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	15	19.4400	4.56248	100	1.16000	43	2187
2	30	34.2300	2.61748	49	0.34000	21	831
3	76	79.2625	1.20766	47	0.25500	20	373

#	Peak Data List peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
	1	3.9800	22.18282	7	0.04000	3	14
	2	5.4866	16.09441	16	0.17330	7	129
	3	6.3106	13.99463	16	0.08530	7	66
	4	6.8900	12.81903	14	0.22000	6	88
	5	7.6400	11.56221	2	0.00000	1	0
	6	8.3600	10.56797	23	0.16000	10	100
	7	9.5866	9.21838	12	0.05330	5	30
	8	10.4200	8.48288	14	0.16000	6	137
	9	11.6766	7.57265	35	0.32670	15	630
	10	12.8200	6.89971	23	0.16000	10	160
	11	13.7233	6.44752	12	0.16670	5	52
	12	14.8150	5.97477	7	0.05000	3	15
	13	15.5150	5.70674	5	0.03000	2	3
	14	17.4233	5.08577	26	0.19330	11	290
	15	19.4400	4.56248	100	1.16000	43	2187
	16	20.4400	4.34147	40	0.68000	17	580
	17	21.2333	4.18103	28	0.45330	12	279
	18	22.3250	3.97898	16	0.11000	7	76
	19	24.0200	3.70190	28	0.36000	12	429
	20	25.9200	3.43469	33	0.30000	14	252
	21	26.9300	3.30812	30	0.34000	13	303
	22	27.8200	3.20428	2	0.00000	1	0
	23	28.2400	3.15757	5	0.04000	2	12
	24	29.0000	3.07652	9	0.04000	4	21
	25	29.8600	2.98985	2	0.00000	1	0
	26	30.7750	2.90300	23	0.31000	10	188
	27	31.5600	2.83256	12	0.12000	5	43
	28	32.2200	2.77603	12	0.04000	5	35
	29	33.0850	2.70540	5	0.03000	2	8
	30	34.2300	2.61748	49	0.34000	21	831
	31	35.8050	2.50587	16	0.11000	7	84
	32	37.2250	2.41348	16	0.11000	7	88
	33	38.3200	2.34699	9	0.12000	4	73
	34	38.6800	2.32597	5	0.10000	2	28
	35	39.3850	2.28595	16	0.11000	7	99
	36	40.0400	2.25005	9	0.00000	4	0
	37	40.9400	2.20264	14	0.56000	6	255
	38	41.9800	2.15044	9	0.20000	4	135
	39	42.8350	2.10948	12	0.11000	5	75
	40	43.8400	2.06342	2	0.00000	1	0
	41	44.9400	2.01544	2	0.00000	1	0
	42	45.6300	1.98655	12	0.06000	5	48
	43	47.1500	1.92599	12	0.10000	5	38
	44	48.8566	1.86263	14	0.15330	6	52
	45	49.1200	1.85326	2	0.00000	1	0
	46	49.5200	1.83922	9	0.12000	4	42
	47	50.2600	1.81386	14	0.20000	6	122

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
48	51.8300	1.76255	9	0.18000	4	53
49	52.5800	1.73916	2	0.00000	1	0
50	53.3300	1.71646	16	0.14000	7	59
51	54.3650	1.68620	23	0.41000	10	329
52	56.1350	1.63715	14	0.15000	6	54
53	56.3200	1.63221	2	0.00000	1	0
54	56.8800	1.61747	7	0.04000	3	13
55	57.6833	1.59684	19	0.16670	8	74
56	58.5150	1.57611	21	0.19000	9	127
57	59.2400	1.55854	7	0.04000	3	16
58	60.1750	1.53654	14	0.17000	6	60
59	61.5400	1.50569	33	0.32000	14	466
60	63.2150	1.46976	9	0.19000	4	57
61	64.4600	1.44435	7	0.04000	3	12
62	65.1550	1.43061	7	0.03000	3	11
63	66.2000	1.41054	5	0.04000	2	10
64	66.3800	1.40715	7	0.06000	3	19
65	67.5450	1.38569	7	0.03000	3	14
66	68.2766	1.37261	12	0.12670	5	83
67	69.2100	1.35636	23	0.14000	10	111
68	70.2633	1.33859	37	0.28670	16	393
69	71.5600	1.31749	2	0.00000	1	0
70	72.7716	1.29851	30	0.24330	13	298
71	73.7250	1.28405	7	0.07000	3	44
72	74.0000	1.27996	2	0.00000	1	0
73	75.0100	1.26521	14	0.26000	6	82
74	75.9783	1.25148	14	0.21670	6	116
75	78.1000	1.22270	2	0.00000	1	0
76	79.2625	1.20766	47	0.25500	20	373
77	80.8633	1.18774	19	0.24670	8	141
78	82.8800	1.16388	14	0.16000	6	80
79	84.2600	1.14830	7	0.04000	3	19
80	85.6600	1.13309	12	0.20000	5	119
81	86.2916	1.12640	28	0.27670	12	181
82	86.9700	1.11935	16	0.22000	7	169
83	88.1500	1.10739	21	0.18000	9	130
84	89.0100	1.09890	14	0.30000	6	98
85	89.9300	1.09003	21	0.22000	9	146
86	90.7533	1.08228	7	0.02670	3	11
87	92.0850	1.07008	30	0.31000	13	347
88	93.3766	1.05864	40	0.40670	17	880
89	95.2100	1.04304	14	0.30000	6	146
90	95.9800	1.03670	21	0.32000	9	157
91	96.7500	1.03049	33	0.30000	14	258
92	97.9850	1.02077	14	0.19000	6	82
93	99.7450	1.00744	21	0.31000	9	168

Bentonit Teraktivasi Fisik

*** Basic Data Process ***

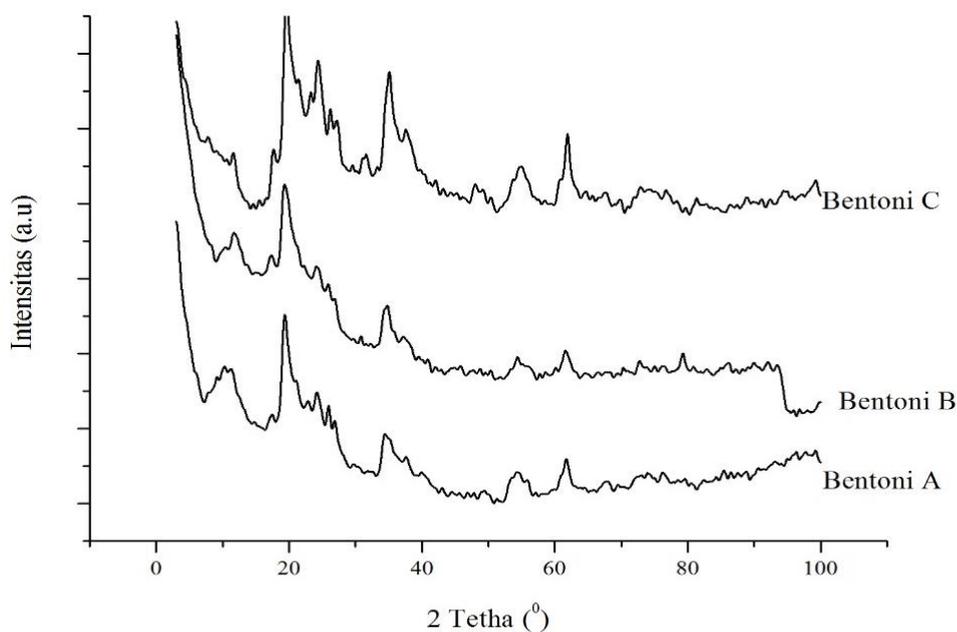
Group Name : 2015 2
 Data Name : Indah Puji Lestari-3
 File Name : Indah Puji Lestari-3.PKR
 Sample Name : Bentonit C
 Comment : Bentonit C

# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	16	19.6250	4.51989	100	0.97000	78	3736
2	35	35.0541	2.55781	68	0.51830	53	1092
3	17	20.3000	4.37110	58	0.00000	45	0

# Peak Data List							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	1	4.5850	19.25702	10	0.37000	8	182
2	2	5.2700	16.75541	12	0.12000	9	77
3	3	5.9875	14.74907	9	0.22500	7	123
4	4	6.9200	12.76352	10	0.04000	8	56
5	5	7.6700	11.51706	12	0.18000	9	175
6	6	9.0100	9.80698	5	0.10000	4	36
7	7	9.9300	8.90035	6	0.06000	5	25
8	8	10.6750	8.28081	8	0.25000	6	89
9	9	11.6600	7.58339	18	0.44000	14	373
10	10	12.7333	6.94649	4	0.02670	3	7
11	11	13.8400	6.39341	5	0.12000	4	24
12	12	14.5700	6.07469	10	0.22000	8	104
13	13	15.5275	5.70218	13	0.21500	10	182
14	14	16.6125	5.33212	10	0.10500	8	75
15	15	17.5600	5.04649	31	0.48000	24	658
16	16	19.6250	4.51989	100	0.97000	78	3736
17	17	20.3000	4.37110	58	0.00000	45	0
18	18	20.7000	4.28753	37	0.72000	29	1148
19	19	21.4200	4.14501	41	0.40000	32	682
20	20	22.0400	4.02979	21	0.12000	16	157
21	21	22.6800	3.91750	8	0.10000	6	78
22	22	23.2525	3.82232	28	0.38500	22	479
23	23	24.3950	3.64584	49	0.85000	38	1417
24	24	25.0400	3.55337	24	0.44000	19	482
25	25	26.1716	3.40224	42	0.28330	33	559
26	26	27.2900	3.26529	29	0.46000	23	773
27	27	28.4250	3.13744	8	0.09000	6	32
28	28	28.9400	3.08277	4	0.06000	3	17
29	29	29.5116	3.02434	17	0.20330	13	117
30	30	30.2700	2.95028	9	0.18000	7	93
31	31	30.9246	2.88930	23	0.22270	18	211
32	32	31.5383	2.83446	21	0.34330	16	312
33	33	33.3100	2.68764	12	0.10000	9	86
34	34	34.4400	2.60200	42	0.40000	33	807
35	35	35.0541	2.55781	68	0.51830	53	1092
36	36	35.5200	2.52532	35	0.56000	27	628
37	37	36.1366	2.48363	27	0.40670	21	420
38	38	36.9200	2.43271	12	0.28000	9	187
39	39	37.4700	2.39826	27	0.34000	21	445
40	40	38.2866	2.34896	19	0.37330	15	451
41	41	38.8866	2.31409	15	0.13330	12	132
42	42	39.8366	2.26107	14	0.19330	11	162
43	43	40.4000	2.23083	14	0.20000	11	141
44	44	41.1900	2.18985	9	0.14000	7	100
45	45	41.9000	2.15437	12	0.20000	9	172
46	46	43.2833	2.08866	12	0.11330	9	125
47	47	44.3000	2.04306	8	0.00000	6	0

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
110	88.7600	1.10135	17	0.16000	13	124
111	89.2500	1.09657	10	0.16000	8	67
112	89.8150	1.09113	14	0.15000	11	94
113	90.3800	1.08577	12	0.25000	9	94
114	90.9500	1.08045	13	0.14000	10	153
115	92.1325	1.06965	9	0.05500	7	51
116	93.1133	1.06094	5	0.10670	4	36
117	93.7400	1.05549	8	0.10000	6	49
118	94.3950	1.04988	13	0.27000	10	146
119	95.0050	1.04475	15	0.23000	12	136
120	95.7100	1.03891	10	0.14000	8	75
121	96.5233	1.03231	9	0.12670	7	57
122	97.2833	1.02626	10	0.27330	8	127
123	97.8675	1.02169	12	0.14500	9	92
124	98.7650	1.01479	10	0.19000	8	142
125	99.3000	1.01075	18	0.24000	14	208

3. Grafik perbandingan hasil karakterisasi bentonit variasi aktivasi



Gambar 1. Grafik Perbandingan Hasil Karakterisasi Variasi Bentonit

Keterangan:

Bentonit A : Bentonit tanpa aktivasi berukuran *100mesh*

Bentonit B : Bentonit teraktivasi kimia berukuran *100mesh*

Bentonit C : Bentonit teraktivasi fisik berukuran *100mesh*

4. Data JCPDS (*Joint Committee on Powder Defraction Standar*) mineral penyusun bentonit

Standar JCPDS Montmorillonit

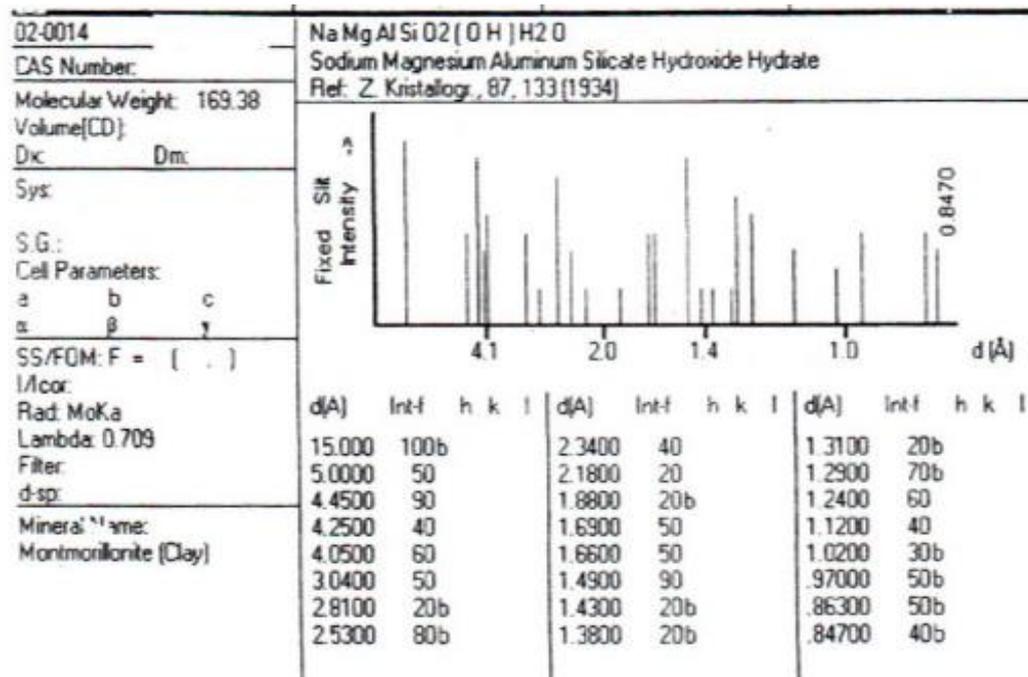
29-1499	Quality: *	$\text{Na}_0.3(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
CAS Number:	1318-93-0	Sodium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate
Molecular Weight:	511.33	Ref: Brindley, G., Penn State Univ., University Park, PA, USA, ICDD Grant-in-Aid, (1977)
Volume[CD]:	517.16	
Dx:	Dm:	
Sys: Hexagonal		
Lattice: Primitive		
S.G.: P		
Cell Parameters:		
a 5.21 b c 22.0		
α β γ		
SS/FOM: F 7= 1 (0.184, 80)		
I/Cor:		
Rad: CuK α		
Lambda: 1.5418		
Filter: Ni		
d-sp: diffractometer		
Mineral Name:		
Montmorillonite-22A		

d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l
21.500	28	0	0	1	2.5600	82	1	0	7	1.3250	36	3	0	8
10.600	10	0	0	2	1.6900	28	0	0	13					
4.4500	74	1	0	1	1.4950	100	2	0	11					

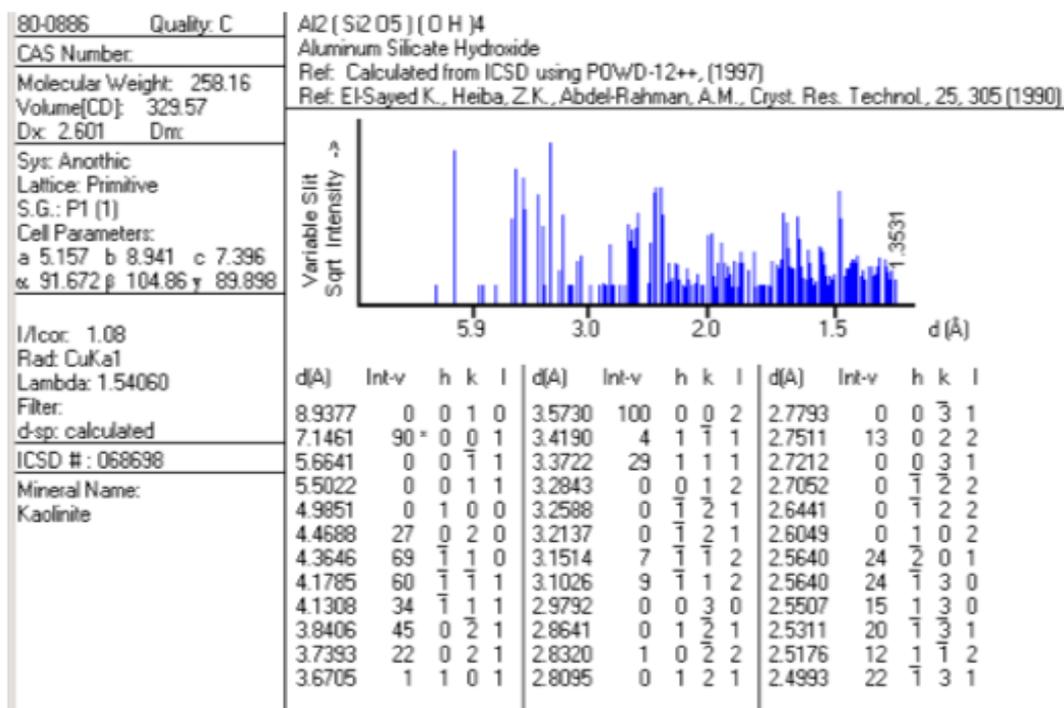
12-0219	Quality: I	$\text{Na}_0.3(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
CAS Number:	1318-93-0	Sodium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate
Molecular Weight:	507.91	Ref: Earley et al., Am. Mineral., 38, 707 (1953)
Volume[CD]:	419.07	
Dx:	Dm:	
Sys: Hexagonal		
Lattice: Primitive		
S.G.: P		
Cell Parameters:		
a 5.195 b c 17.93		
α β γ		
SS/FOM: F13=2(0.082, 75)		
I/Cor:		
Rad: FeK α		
Lambda: 1.9373		
Filter:		
d-sp: Debye-Scherrer		
Mineral Name:		
Montmorillonite-18A		

d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l
17.600	14	0	0	1	2.9900	25	0	0	6	1.5040	100	3	0	0
9.0000	14	0	0	2	2.5700	39b	1	1	1	1.2940	19b	3	0	7
5.9900	4	0	0	3	2.2420	11	0	0	8	1.2500	20	3	1	0
4.4900	45	0	0	4	1.9890	6	0	0	9					
3.5800	28	0	0	5	1.6990	30	2	1	0					

13-0135	Quality:	Ca _{0.2} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O																																																																																																									
CAS Number:	1318-93-0	Calcium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate																																																																																																									
Molecular Weight:	440.39	Ref: Rosenquist, Nor. Geol. Tidsskr., 39, 350 (1959)																																																																																																									
Volume[CD]:	347.55																																																																																																										
Dx:	Dm: 2.300																																																																																																										
Sys: Hexagonal																																																																																																											
Lattice: Primitive																																																																																																											
S.G.: P																																																																																																											
Cell Parameters:																																																																																																											
a 5.169	b	c 15.02																																																																																																									
α	β	γ																																																																																																									
SS/FOM: F16=2(0.127, 66)																																																																																																											
I/cor:																																																																																																											
Rad:																																																																																																											
Lambda:																																																																																																											
Filter:																																																																																																											
d-sp: diffractometer																																																																																																											
Mineral Name:																																																																																																											
Montmorillonite-15A																																																																																																											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>d(Å)</th> <th>Int-v</th> <th>h</th> <th>k</th> <th>l</th> <th>d(Å)</th> <th>Int-v</th> <th>h</th> <th>k</th> <th>l</th> <th>d(Å)</th> <th>Int-v</th> <th>h</th> <th>k</th> <th>l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15.000^a</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>3.0200</td> <td>59</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>1.7000</td> <td>53</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5.0100</td> <td>36</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>2.5800</td> <td>46_u</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1.5000</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>4.5000</td> <td>53</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2.5000</td> <td>48</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>1.4930</td> <td>100</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3.7700</td> <td>16</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>2.2600</td> <td>13</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1.2850</td> <td>46</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3.5000</td> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.1500</td> <td>14</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>1.2430</td> <td>48</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3.3000</td> <td>9</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>1.8800</td> <td>16</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	15.000 ^a	20	0	0	1	3.0200	59	0	0	5	1.7000	53	2	1	0	5.0100	36	0	0	3	2.5800	46 _u	1	1	0	1.5000	100	0	0	10	4.5000	53	1	0	0	2.5000	48	0	0	6	1.4930	100	3	0	0	3.7700	16	0	0	4	2.2600	13	2	0	0	1.2850	46	2	2	1	3.5000	9				2.1500	14	0	0	7	1.2430	48	3	1	0	3.3000	9	1	0	3	1.8800	16	0	0	8					
d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l																																																																																													
15.000 ^a	20	0	0	1	3.0200	59	0	0	5	1.7000	53	2	1	0																																																																																													
5.0100	36	0	0	3	2.5800	46 _u	1	1	0	1.5000	100	0	0	10																																																																																													
4.5000	53	1	0	0	2.5000	48	0	0	6	1.4930	100	3	0	0																																																																																													
3.7700	16	0	0	4	2.2600	13	2	0	0	1.2850	46	2	2	1																																																																																													
3.5000	9				2.1500	14	0	0	7	1.2430	48	3	1	0																																																																																													
3.3000	9	1	0	3	1.8800	16	0	0	8																																																																																																		
29-1498	Quality: 0	Na _{0.3} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O																																																																																																									
CAS Number:	1318-93-0	Sodium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate																																																																																																									
Molecular Weight:	439.27	Ref: Brindley, G., Penn State Univ., University Park, PA, USA, ICDD Grant-in-Aid, (1977)																																																																																																									
Volume[CD]:	359.02																																																																																																										
Dx:	Dm:																																																																																																										
Sys: Hexagonal																																																																																																											
Lattice: Primitive																																																																																																											
S.G.: P																																																																																																											
Cell Parameters:																																																																																																											
a 5.165	b	c 15.54																																																																																																									
α	β	γ																																																																																																									
SS/FOM: F 5= 1 (0.088, 42)																																																																																																											
I/cor:																																																																																																											
Rad: CuKα																																																																																																											
Lambda: 1.5418																																																																																																											
Filter: Ni																																																																																																											
d-sp: diffractometer																																																																																																											
Mineral Name:																																																																																																											
Montmorillonite-15A																																																																																																											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>d(Å)</th> <th>Int-v</th> <th>h</th> <th>k</th> <th>l</th> <th>d(Å)</th> <th>Int-v</th> <th>h</th> <th>k</th> <th>l</th> <th>d(Å)</th> <th>Int-v</th> <th>h</th> <th>k</th> <th>l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13.600</td> <td>50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4.4600</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1.6900</td> <td>32</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5.1600</td> <td>16</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>2.5600</td> <td>48</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>1.4950</td> <td>55</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	13.600	50				4.4600	100	1	0	0	1.6900	32	2	1	0	5.1600	16	0	0	3	2.5600	48	1	0	5	1.4950	55	3	0	0																																																												
d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l	d(Å)	Int-v	h	k	l																																																																																													
13.600	50				4.4600	100	1	0	0	1.6900	32	2	1	0																																																																																													
5.1600	16	0	0	3	2.5600	48	1	0	5	1.4950	55	3	0	0																																																																																													



Standar JCPDS Kaolinit



Standar JCPDS Kuarsa

88-2302	Quality: C	Si O2
CAS Number:		Silicon Oxide
Molecular Weight: 60.08		Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++
Volume[CD]: 112.93		Ref: Will, G., Bellotto, M., Parrish, W., Hart, M., J. Appl. Crystallogr., 21, 182 (1988)
Dx: 2.650 Dm:		
Sys: Hexagonal		
Lattice: Primitive		
S.G.: P3 ₂ 21 (154)		
Cell Parameters:		
a 4.912 b c 5.403		
α β γ		
I/Cor: 3.09		
Rad: CuK α 1		
Lambda: 1.54060		
Filter:		
d-sp: calculated		
ICSD #: 041414		
Mineral Name:		
Quartz		

d(Å)	Int-f	h	k	l	d(Å)	Int-f	h	k	l	d(Å)	Int-f	h	k	l
4.2542	213	1	0	0	1.6587	15	0	1	3	1.2281	12	2	2	0
3.3426	999*	0	1	1	1.6079	2	2	1	0	1.1995	24	2	1	3
2.4562	66	1	1	0	1.5411	79	1	2	1	1.1975	14	2	2	1
2.2808	67	1	0	2	1.4525	15	1	1	3	1.1837	20	1	1	4
2.2360	30	1	1	1	1.4180	4	3	0	0	1.1799	25	3	1	0
2.1271	50	2	0	0	1.3817	49	1	2	2	1.1527	15	1	3	1
1.9793	27	2	0	1	1.3746	60	2	0	3	1.1404	2	2	0	4
1.8174	112	1	1	2	1.3716	62	0	3	1	1.1180	1	2	2	2
1.8012	4	0	0	3	1.2876	19	1	0	4	1.1142	2	3	0	3
1.6713	33	0	2	2	1.2556	23	3	0	2					

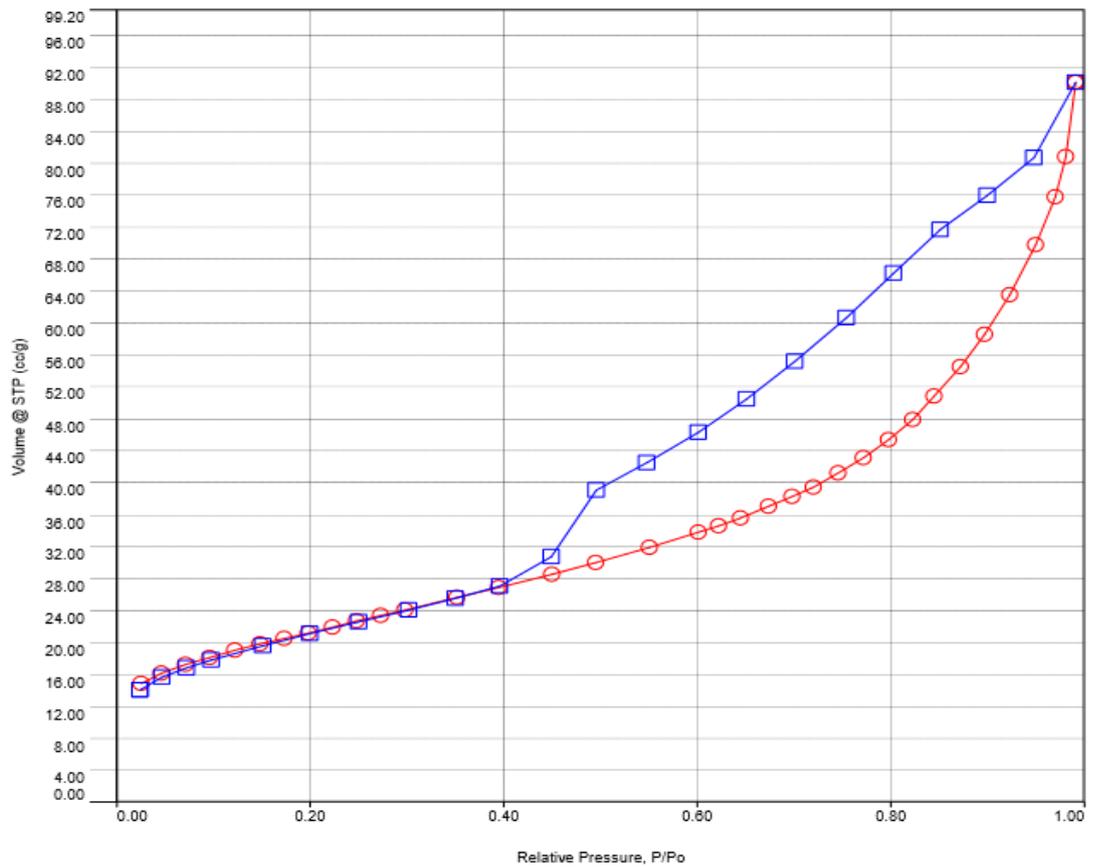
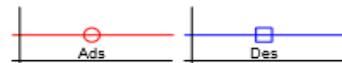
- b. Hasil Karakterisasi Bentonit Menggunakan SAA
 - 1. Data Analisis BET Bentonit Alam
- Isotherm Adsorpsi dan Desorpsi Bentonit Alam

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01



Analysis		Report	
Operator: NOVA UNS	Date: 2015/04/27	Operator: NOVA UNS	Date: 4/27/2015
Sample ID: Indah Puji	Filename: C:\QC\data\Physisorb\27042015 Bentonit tanpa aktivasi.qps		
Sample Desc: Bentonit tanpa aktivasi	Comment:		
Sample weight: 0.1268 g	Sample Volume: 0 cc		
Outgas Time: 3.0 hrs	Outgas Temp: 280.0 C		
Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)	
Analysis Time: 231.2 min	End of run: 2015/04/27 14:09:37	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 92			

Isotherm * Linear



Multi-Point BET



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01



Analysis		Report	
Operator:NOVA UNS	Date:2015/04/27	Operator:NOVA UNS	Date:4/27/2015
Sample ID: Indah Puji	Filename:	C:\QC\data\Physisorb\27042015 Bentonit tanpa aktivasi.qps	
Sample Desc: Bentonit tanpa aktivasi	Comment:		
Sample weight: 0.1268 g	Sample Volume: 0 cc		
Outgas Time: 3.0 hrs	Outgas Temp: 280.0 C		
Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)	
Analysis Time: 231.2 min	End of run: 2015/04/27 14:09:37	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 92			

Multi-Point BET**Data Reduction Parameters Data**

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350k	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å ²		

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
2.52980e-02	14.7934	1.4038e+00	1.98798e-01	21.2026	9.3634e+00
4.60220e-02	16.1063	2.3965e+00	2.23623e-01	21.9036	1.0522e+01
7.10520e-02	17.2099	3.5560e+00	2.48286e-01	22.6274	1.1679e+01
9.68860e-02	18.1519	4.7288e+00	2.73528e-01	23.3238	1.2916e+01
1.22678e-01	18.9972	5.8894e+00	2.98896e-01	24.0473	1.4185e+01
1.48280e-01	19.7593	7.0496e+00	3.52909e-01	25.5998	1.7046e+01
1.73620e-01	20.4902	8.2040e+00			

BET summary

Slope = 46.988
Intercept = 1.394e-01
Correlation coefficient, r = 0.999654
C constant = 337.993
Surface Area = 73.896 m²/g

Volume Pori Total



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01



Analysis		Report	
Operator:NOVA UNS	Date:2015/04/27	Operator:NOVA UNS	Date:4/27/2015
Sample ID: Indah Puji	Filename:	C:\QCdata\Physisorb\27042015 Bentonit tanpa aktivasi.qps	
Sample Desc: Bentonit tanpa aktivasi	Comment:		
Sample weight: 0.1268 g	Sample Volume: 0 cc		
Outgas Time: 3.0 hrs	Outgas Temp: 280.0 C		
Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)	
Analysis Time: 231.2 min	End of run: 2015/04/27 14:09:37	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 92			

Total Pore Volume**Data Reduction Parameters Data**

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350k	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å ²		

Total Pore Volume summary
Total Pore Volume

Total pore volume = 1.394e-01 cc/g for
pores smaller than 1100.1 Å (Radius)
at P/Po = 0.99121

Rata-rata Ukuran Pori



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01



Analysis		Report	
Operator:NOVA UNS	Date:2015/04/27	Operator:NOVA UNS	Date:4/27/2015
Sample ID: Indah Puji	Filename:	C:\QCdata\Physisorb\27042015 Bentonit tanpa aktivasi.qps	
Sample Desc: Bentonit tanpa aktivasi	Comment:		
Sample weight: 0.1268 g	Sample Volume: 0 cc		
Outgas Time: 3.0 hrs	Outgas Temp: 280.0 C		
Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)	
Analysis Time: 231.2 min	End of run: 2015/04/27 14:09:37	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 92			

Average Pore Size**Data Reduction Parameters Data**

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350k	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å ²		

Average Pore Size summary

Average pore Radius = 3.77171e+01 Å

2. Data Analisis BET Bentonit Teraktivasi Kimia
Isotherm Adsorpsi dan Desorpsi Bentonit Alam



ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01



Analysis

Operator:NOVA UNS
Sample ID: Indah Puji
Sample Desc: Bentonit akt asam
Sample weight: 0.1269 g
Outgas Time: 3.0 hrs
Analysis gas: Nitrogen
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)
Analysis Time: 239.5 min
Cell ID: 92

Date:2015/04/28

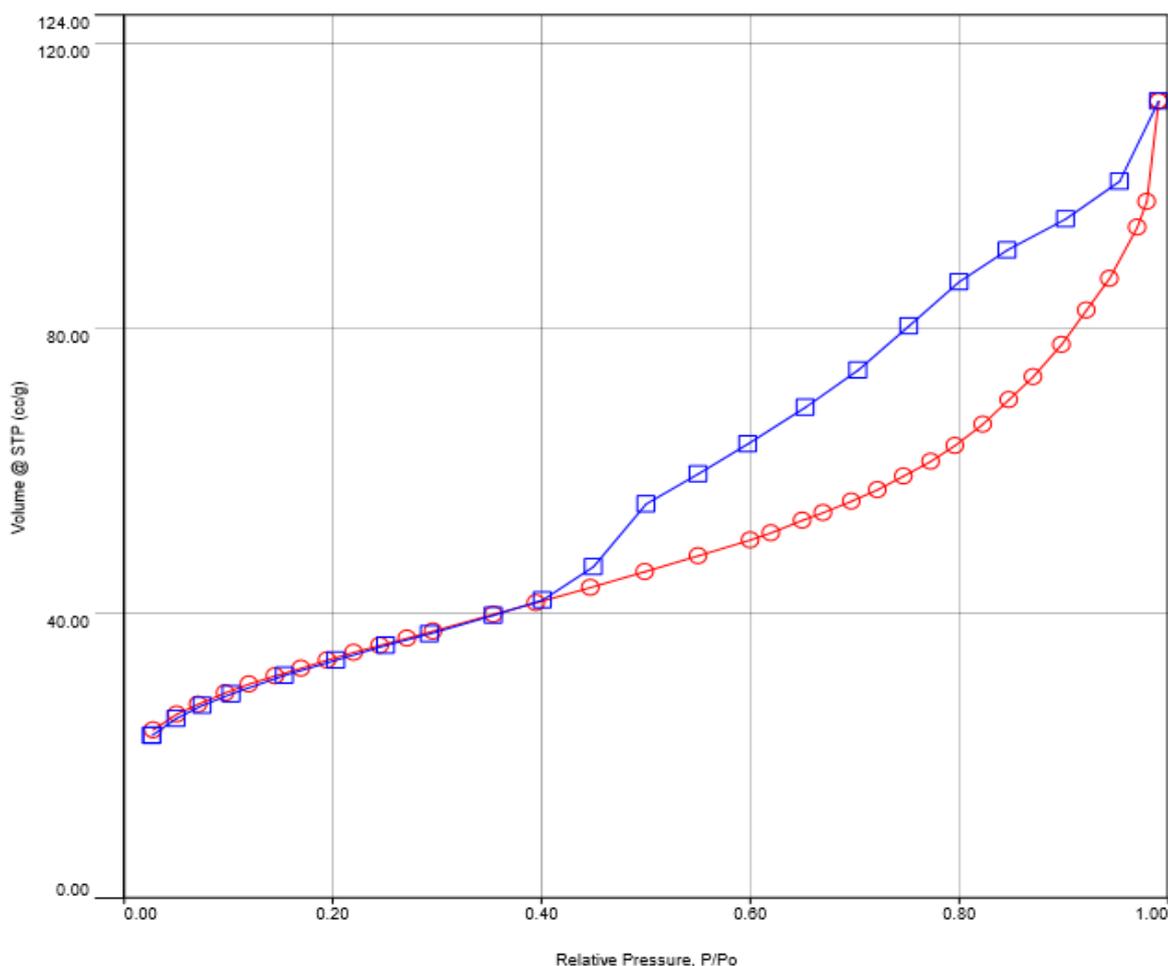
Filename:
Comment:
Sample Volume: 0 cc
OutgasTemp: 280.0 C
Bath Temp: 77.3 K
Equil time: 60/60 sec (ads/des)
End of run: 2015/04/28 16:34:55

Report

Operator:NOVA UNS
Date:4/28/2015
C:\QCdata\Physisorb\28042015 Bentonit akt asam.qps

Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)
Instrument: Nova Station A

Isotherm \approx Linear



Multi-Point BET



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

NOVAWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

**Analysis**

Operator:NOVA UNS
Sample ID: Indah Puji
Sample Desc: Bentonit akt asam
Sample weight: 0.1269 g
Outgas Time: 3.0 hrs
Analysis gas: Nitrogen
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)
Analysis Time: 239.5 min
Cell ID: 92

Date:2015/04/28

Filename:

Comment:

Sample Volume: 0 cc

OutgasTemp: 280.0 C

Bath Temp: 77.3 K

Equil time: 60/60 sec (ads/des)

End of run: 2015/04/28 16:34:55

Report

Operator:NOVA UNS

Date:4/28/2015

C:\QC\data\Physisorb\28042015 Bentonit akt asam.qps

Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)

Instrument: Nova Station A

Multi-Point BET**Data Reduction Parameters Data**

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å ²
		Liquid Density:	0.808 g/cc

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
2.83600e-02	23.6371	9.8800e-01	1.95705e-01	33.4364	5.8226e+00
5.18990e-02	25.9043	1.6908e+00	2.20523e-01	34.4975	6.5617e+00
7.10050e-02	27.2694	2.2426e+00	2.45942e-01	35.5471	7.3413e+00
9.71460e-02	28.8510	2.9840e+00	2.71425e-01	36.5601	8.1530e+00
1.20628e-01	30.0622	3.6509e+00	2.96576e-01	37.5513	8.9835e+00
1.45234e-01	31.2218	4.3542e+00	3.54299e-01	39.8136	1.1027e+01
1.70420e-01	32.3546	5.0801e+00			

BET summary

Slope = 30.181
Intercept = 3.037e-02
Correlation coefficient, r = 0.999208
C constant = 994.779
Surface Area = 115.273 m²/g

Volume Pori Total



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01



Analysis	Date: 2015/04/28	Report	Date: 4/28/2015
Operator: NOVA UNS	Filename:	Operator: NOVA UNS	
Sample ID: Indah Puji	Comment:	C:\QC\data\Physisorb\28042015 Bentonit akt asam.qps	
Sample Desc: Bentonit akt asam	Sample Volume: 0 cc		
Sample weight: 0.1269 g	Outgas Temp: 280.0 C		
Outgas Time: 3.0 hrs	Bath Temp: 77.3 K		
Analysis gas: Nitrogen	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)	
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)	End of run: 2015/04/28 16:34:55	Instrument: Nova Station A	
Analysis Time: 239.5 min			
Cell ID: 92			

Total Pore Volume**Data Reduction Parameters Data**

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å ²		

Total Pore Volume summary
Total Pore Volume

Total pore volume = 1.731e-01 cc/g for
pores smaller than 1086.4 Å (Radius)
at P/Po = 0.99110

Rata-rata Ukuran Pori



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01



Analysis	Date: 2015/04/28	Report	Date: 4/28/2015
Operator: NOVA UNS	Filename:	Operator: NOVA UNS	
Sample ID: Indah Puji	Comment:	C:\QC\data\Physisorb\28042015 Bentonit akt asam.qps	
Sample Desc: Bentonit akt asam	Sample Volume: 0 cc		
Sample weight: 0.1269 g	Outgas Temp: 280.0 C		
Outgas Time: 3.0 hrs	Bath Temp: 77.3 K		
Analysis gas: Nitrogen	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)	
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)	End of run: 2015/04/28 16:34:55	Instrument: Nova Station A	
Analysis Time: 239.5 min			
Cell ID: 92			

Average Pore Size**Data Reduction Parameters Data**

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å ²		

Average Pore Size summary

Average pore Radius = 3.00378e+01 Å

3. Data Analysis BET Bentonit Teraktivasi Fisik
Isotherm Adsorpsi dan Desorpsi Bentonit Alam

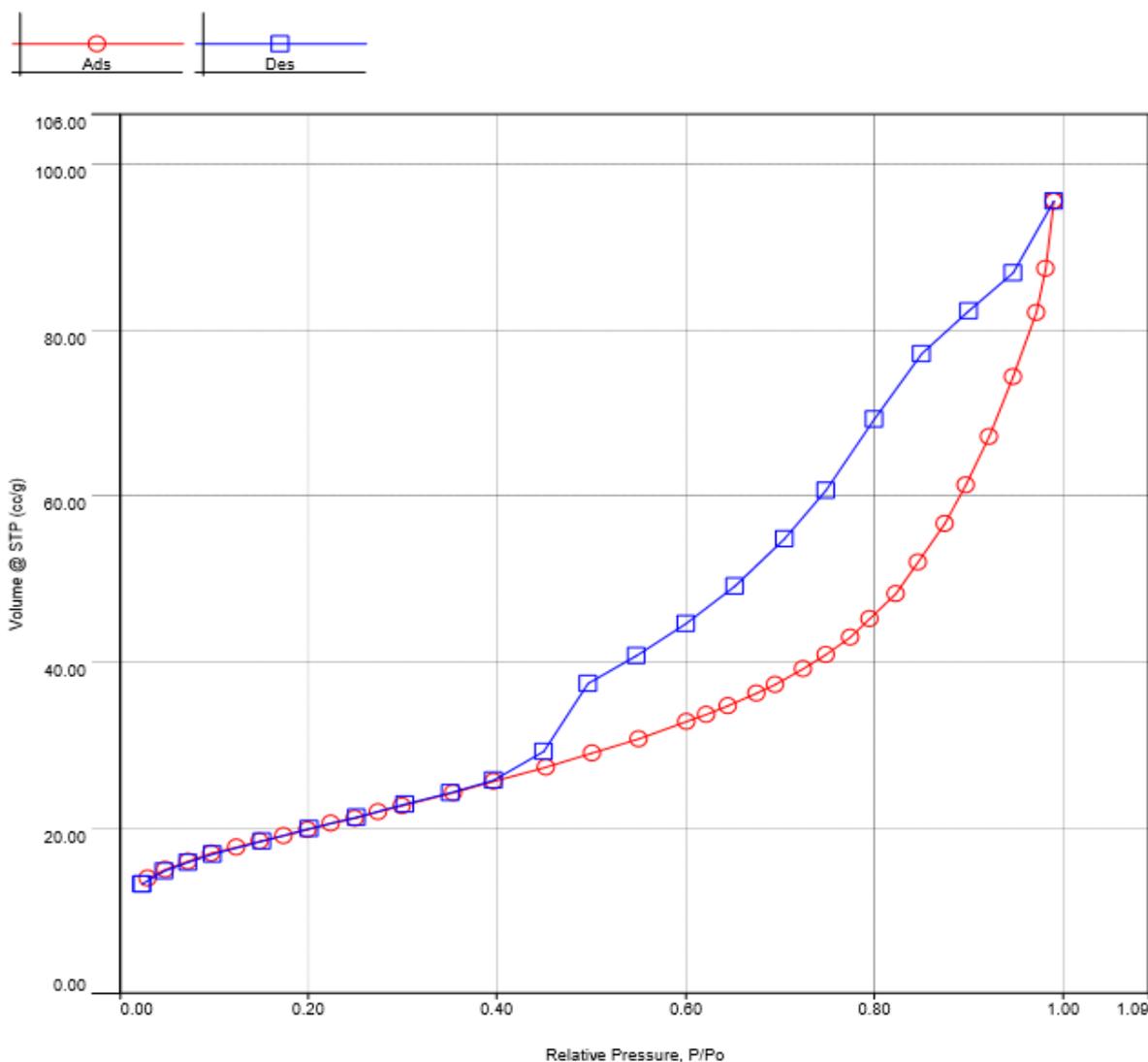
PDF Complete
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.
[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ovaWin - Data Acquisition and Reduction for NOVA instruments 007, Quantachrome Instruments version 10.01



Analysis		Report	
Operator:NOVA UNS	Date:2015/04/28	Operator:NOVA UNS	Date:4/28/2015
Sample ID: Indah Puji	Filename:	C:\QCdata\Physisorb\27042015 Bentonit akt fisik.qps	
Sample Desc: Bentonit akt fisik	Comment:		
Sample weight: 0.1244 g	Sample Volume: 0 cc		
Outgas Time: 3.0 hrs	Outgas Temp: 280.0 C		
Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)	
Analysis Time: 237.7 min	End of run: 2015/04/28 21:18:59	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 92			

Isotherm ~ Linear



Multi-Point BET



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

NOVAWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

**Analysis**

Operator:NOVA UNS
Sample ID: Indah Puji
Sample Desc: Bentonit akt fisik
Sample weight: 0.1244 g
Outgas Time: 3.0 hrs
Analysis gas: Nitrogen
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)
Analysis Time: 237.7 min
Cell ID: 92

Date:2015/04/28

Filename:

Comment:

Sample Volume: 0 cc

Outgas Temp: 280.0 C

Bath Temp: 77.3 K

Equil time: 60/60 sec (ads/des)

End of run: 2015/04/28 21:18:59

Report

Operator:NOVA UNS

Date:4/28/2015

C:\QC\data\Physisorb\27042015 Bentonit akt fisik.qps

Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)

Instrument: Nova Station A

Multi-Point BET**Data Reduction Parameters Data**

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å ²		

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
3.02790e-02	13.9669	1.7887e+00	1.99221e-01	19.7586	1.0074e+01
4.89400e-02	14.9953	2.7457e+00	2.23949e-01	20.4609	1.1285e+01
7.26160e-02	15.9757	3.9216e+00	2.48607e-01	21.1521	1.2515e+01
9.78170e-02	16.8596	5.1455e+00	2.73878e-01	21.8516	1.3811e+01
1.23583e-01	17.6265	6.4008e+00	2.98952e-01	22.5891	1.5104e+01
1.48720e-01	18.3634	7.6119e+00	3.53776e-01	24.2506	1.8062e+01
1.73914e-01	19.0792	8.8287e+00			

BET summary

Slope = 49.707
Intercept = 2.504e-01
Correlation coefficient, r = 0.999844
C constant = 199.526
Surface Area = 69.710 m²/g

Volume Pori Total



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

NOVAWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01



Analysis		Report	
Operator: NOVA UNS	Date: 2015/04/28	Operator: NOVA UNS	Date: 4/28/2015
Sample ID: Indah Puji	Filename:	C:\QC\data\Physisorb\27042015 Bentonit akt fisik.qps	
Sample Desc: Bentonit akt fisik	Comment:		
Sample weight: 0.1244 g	Sample Volume: 0 cc		
Outgas Time: 3.0 hrs	Outgas Temp: 280.0 C		
Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)	
Analysis Time: 237.7 min	End of run: 2015/04/28 21:18:59	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 92			

Total Pore Volume**Data Reduction Parameters Data**

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å ²		

Total Pore Volume summary
Total Pore Volume

Total pore volume = 1.478e-01 cc/g for
pores smaller than 1012.8 Å (Radius)
at P/P₀ = 0.99044

Rata-rata Ukuran Pori



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

NOVAWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01



Analysis		Report	
Operator: NOVA UNS	Date: 2015/04/28	Operator: NOVA UNS	Date: 4/28/2015
Sample ID: Indah Puji	Filename:	C:\QC\data\Physisorb\27042015 Bentonit akt fisik.qps	
Sample Desc: Bentonit akt fisik	Comment:		
Sample weight: 0.1244 g	Sample Volume: 0 cc		
Outgas Time: 3.0 hrs	Outgas Temp: 280.0 C		
Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)	
Analysis Time: 237.7 min	End of run: 2015/04/28 21:18:59	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 92			

Average Pore Size**Data Reduction Parameters Data**

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å ²		

Average Pore Size summary

Average pore Radius = 4.24159e+01 Å

4. Contoh Perhitungan Luas Permukaan Bentonit Alam Berdasarkan Isoterm

BET

$$P_0 = 759,97 \text{ mmHg}$$

$$W \text{ sampel} = 0,1268 \text{ g}$$

$$BM \text{ N}_2 = 28,013 \text{ g/mol}$$

$$T = 77,3 \text{ K}$$

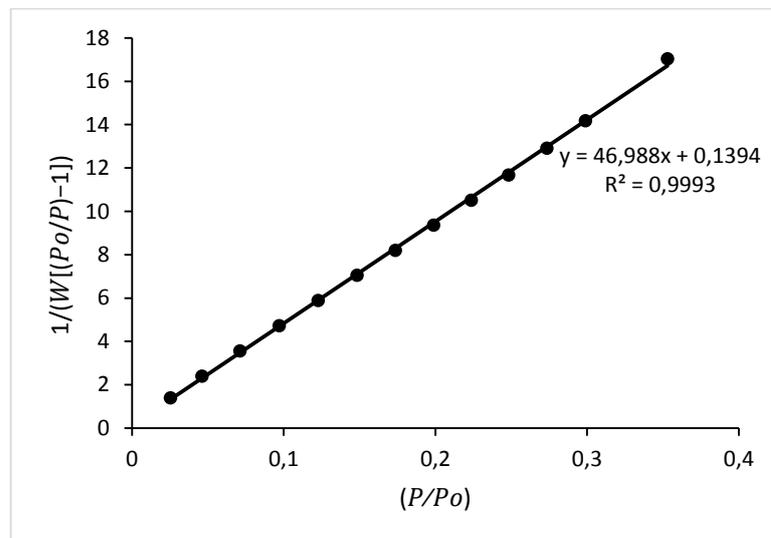
Tabel 1. Data Adsorpsi Nitrogen pada Berbagai Tekanan Relatif

Tekanan Relatif (P/P ₀)	Volume gas N ₂ teradsorpsi (cc/g)
0,025298	14,7934
0,046022	16,10647
0,071052	17,20978
0,096886	18,15221
0,122678	18,99685
0,14828	19,75946
0,17362	20,49054
0,198798	21,20268
0,223623	21,90379
0,248286	22,62776
0,273528	23,32413
0,298896	24,04732
0,352909	25,59937
0,395747	26,86909
0,450783	28,55442
0,49569	29,97634
0,551566	31,87618
0,60159	33,73107
0,622103	34,59858
0,6451	35,55678
0,674548	37,03391
0,698801	38,26183
0,720097	39,4724
0,746983	41,21215
0,772183	43,14984
0,798716	45,35331
0,823583	47,85016
0,845903	50,79259
0,872182	54,50237
0,89731	58,60016
0,923582	63,53312
0,950045	69,83596
0,970565	75,72792
0,981894	80,81388
0,991211	90,09306

Dari data diatas isoterm adsorpsi dihitung pada tekanan relatif 0,02-0,35 Diperoleh

Tekanan Relatif (P/P ₀)	Volume gas N ₂ teradsorpsi (cc/g)
0,025298	14,7934
0,046022	16,10647
0,071052	17,20978
0,096886	18,15221
0,122678	18,99685
0,14828	19,75946
0,17362	20,49054
0,198798	21,20268
0,223623	21,90379
0,248286	22,62776
0,273528	23,32413
0,298896	24,04732
0,352909	25,59937

Dengan dibuat plot antara $\frac{1}{W[(P_0/P)-1]}$ Vs (P/P₀) diperoleh



Gambar 2. Grafik antara $\frac{1}{W[(P_0/P)-1]}$ Vs (P/P₀)

Slope (b)	= 46,988
Intersept (a)	= 0,1394
Correlation coeff	= 0,9993
Constant	= 337,993

$$Wm = \frac{1}{a + b}$$

$$Wm = \frac{1}{0,1394 + 46,988}$$

$$Wm = 0,021219$$

Maka diperoleh luas permukaan

$$S_t = \frac{Wm \cdot Nav \cdot Acs}{BM}$$

$$S_t = \frac{0,021219 \times 6,02 \times 10^{23} \times 16,2 \times 10^{-20}}{28,013}$$

$$S_t = 73,87175 \text{ m}^2$$

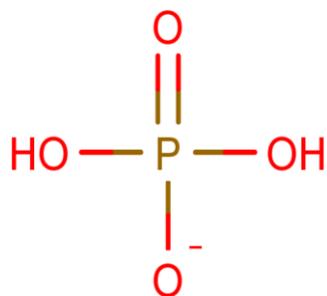
Maka luas permukaan spesifik bentonit alam

$$S = \frac{S_t}{W}$$

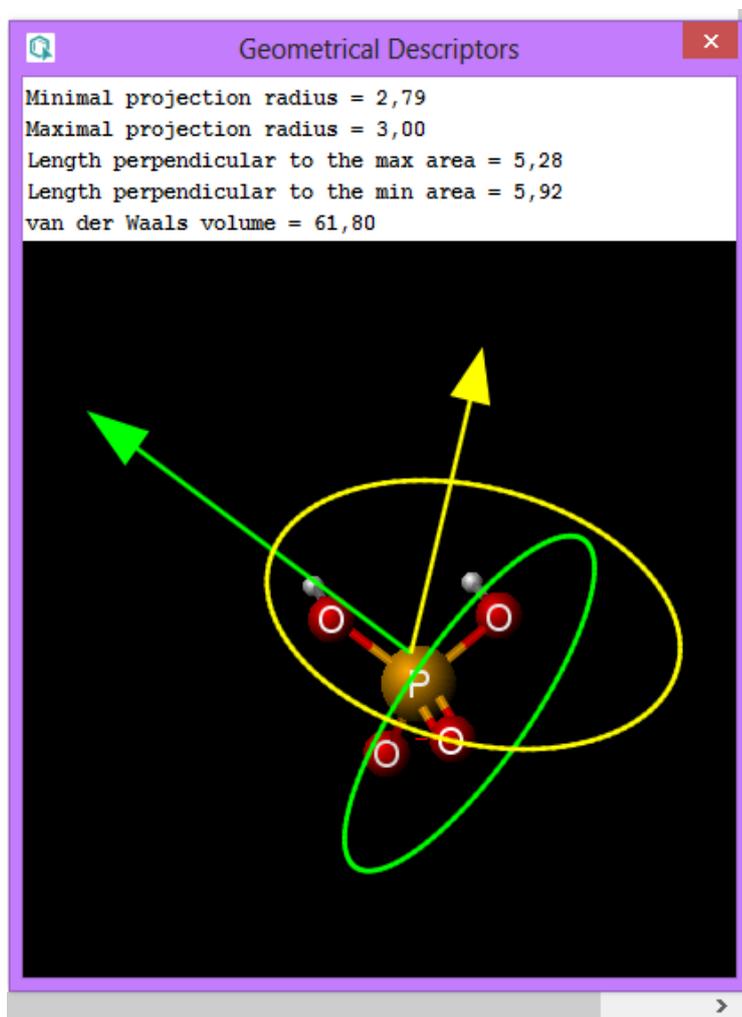
$$S = \frac{73,87175}{0,1268}$$

$$S = 582,5848 \text{ m}^2/\text{g}$$

Lampiran 4. Perhitungan Ukuran Ion Fosfat Menggunakan Aplikasi Marvin

1. Gambar molekul ion H_2PO_4^- 

2. Hasil Perhitungan Ukuran Ion Fosfat

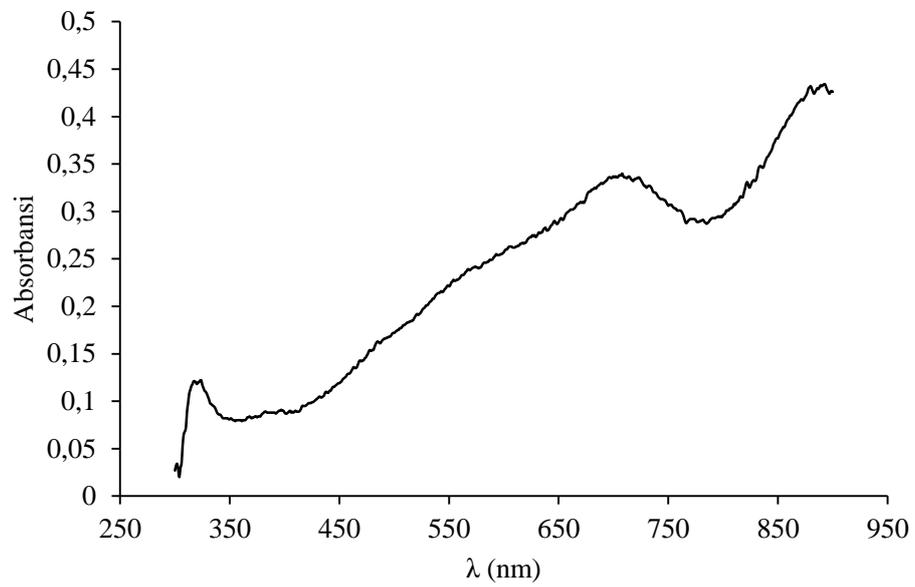


Ukuran ion molekul = 3 \AA

Volume molekul = $\pm \frac{4}{3} \pi r^3$ (V molekul/ion dianggap seperti volum bola)

= $\pm 113,04 \text{ \AA}$

Lampiran 5. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum



Gambar3. Spektrum pada pengukuran panjang gelombang maksimum rentang (300-900 nm)

Tabel 2. Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum (610-900 nm)

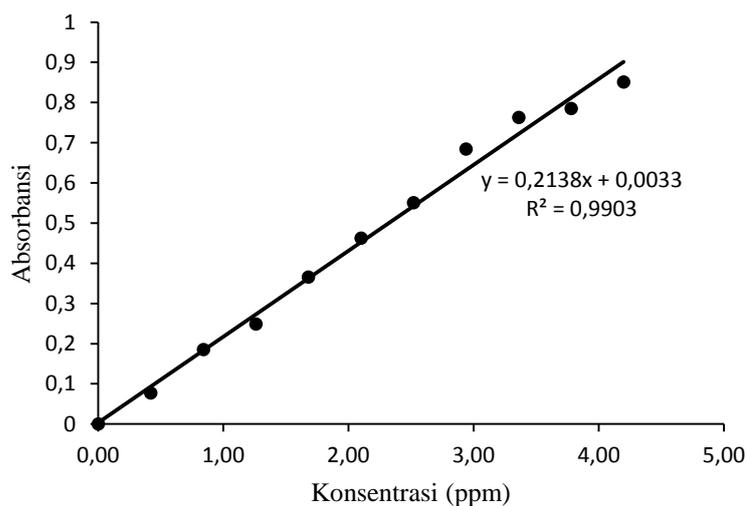
Panjang Gelombang	Absorbansi
610	0,263
620	0.264
630	0.277
640	0.278
650	0.289
660	0.302
670	0.307
680	0.322
690	0.328
700	0.338
710	0.338
720	0.333
730	0.325
740	0.319
750	0.306
760	0.298
770	0.295
780	0.290
790	0.294
800	0.294
810	0.306
811	0.309
812	0.311
813	0.305
814	0.316
815	0.313
816	0.315
817	0.317
818	0.316
819	0.316
820	0.323
830	0.332
840	0.358
850	0.379
860	0.398
870	0.416
880	0.439
890	0.436
900	0.427

Lampiran 6. Penentuan Isoterm Adsorpsi

a. Data dan Contoh Perhitungan Penentuan Waktu Kontak Optimum

Tabel 3. Data absorbansi larutan standar fosfat

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
0,42	0,077
0,84	0,185
1,26	0,249
1,68	0,366
2,10	0,463
2,52	0,551
2,94	0,684
3,36	0,763
3,78	0,785
4,20	0,851



Gambar 5. kurva kalibrasi larutan standar fosfat untuk variasi waktu kontak
Contoh Perhitungan Konsentrasi Larutan Standar dalam Pembuatan Kurva

Kalibrasi

Larutan standar 0,5 ppm (sebelum ditambah larutan campuran) (v awal 8,4 mL)

Larutan standar setelah ditambah larutan campuran (v akhir =10 mL)

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,5 \times 8,4 = M_2 \times 10$$

$$M_2 = 0,5 \times \frac{8,4}{10}$$

$$M_2 = 0,42 \text{ ppm}$$

Tabel 4. Penentuan waktu kontak optimum (A₁)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
Awal	0,841	118,3224				
A ₁ -60	0,764		116,710	1,6123	0,1008	0,3998
A₁-120	0,680		116,376	1,9460	0,1004	0,4845
A ₁ -180	0,730		116,521	1,8013	0,1002	0,4494
A ₁ -240	0,698		116,652	1,6698	0,1000	0,4174
A ₁ -300	0,736		117,490	0,8318	0,1010	0,2059

Tabel 5. Penentuan waktu kontak optimum (A₂)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
Awal	0,841	118,3224				
A ₂ -60	0,700		116,9912	1,3312	0,1004	0,3314
A ₂ -120	0,705		117,8376	0,4848	0,1009	0,1201
A ₂ -180	0,703		117,4990	0,8233	0,1001	0,2056
A ₂ -240	0,649		116,6930	1,6294	0,1002	0,4065
A₂-300	0,746		116,4596	1,8627	0,1007	0,4624

Tabel 6. Penentuan waktu kontak optimum (B₁)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
Awal	0,841	118,3224				
B ₁ -60	0,700		104,5453	13,7771	0,1001	3,4408
B ₁ -120	0,712		106,3606	11,9618	0,1007	2,9696
B₁-180	0,718		100,8321	17,4902	0,1004	4,3551
B ₁ -240	0,721		105,4778	12,8445	0,1008	3,1856
B ₁ -300	0,692		105,5815	12,7408	0,1004	3,1725

Tabel 7. Penentuan waktu kontak optimum (B₂)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
Awal	0,841	118,3224				
B ₁ -60	0,703		104,9991	13,3232	0,1001	3,3274
B ₁ -120	0,702		104,8479	13,4745	0,1000	3,3686
B₁-180	0,722		101,4009	16,9214	0,1006	4,2051
B ₁ -240	0,686		106,9798	11,3426	0,1007	2,8159
B ₁ -300	0,690		105,2724	13,0500	0,1002	3,2559

Tabel 8. Penentuan waktu kontak optimum (C₁)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
Awal	0,841	118,3224				
C ₁ -60	0,720		109,9093	8,4131	0,1003	2,0969
C₁-120	0,681		106,1898	12,1325	0,1008	3,0090
C ₁ -180	0,702		111,9966	6,3258	0,1001	1,5798
C ₁ -240	0,743		111,0501	7,2723	0,1004	1,8108
C ₁ -300	0,756		113,0166	5,3057	0,1007	1,3172

Tabel 9. Penentuan waktu kontak optimum (C₂)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
Awal	0,841	118,3224				
C ₂ -60	0,747		114,0825	4,2399	0,1001	1,0589
C ₂ -120	0,786		115,1058	3,2166	0,1007	0,7985
C ₂ -180	0,678		108,1185	10,2039	0,1001	2,5484
C₂-240	0,686		106,5064	11,8159	0,1007	2,9334
C ₂ -300	0,682		108,7648	9,5576	0,1007	2,3727

Contoh Perhitungan pada Penentuan Waktu Kontak Optimum (A₁-60)1. Perhitungan Konsentrasi Awal (C₀)

Absorbansi = 0,841 ; persamaan kurva kalibrasi $y = 0,2138x + 0,0033$

$$0,841 = 0,2138x + 0,0033$$

$$x = \frac{0,841 - 0,0033}{0,2138}$$

$$x = 3,9756 \text{ ppm (ppm kurva)}$$

$$C_o = \text{ppm kurva} \times fp_1 \times fp_2$$

$$C_o = 3,9756 \times 25 \times (10/8,4)$$

$$C_o = 118,3224 \text{ ppm}$$

2. Perhitungan konsentrasi fosfat setelah teradsorp (C_e)

$$\text{Absorbansi} = 0,764 ; \text{persamaan kurva kalibrasi } y = 0,2138x + 0,0033$$

$$0,764 = 0,2138x + 0,0033$$

$$x = \frac{0,764 - 0,0033}{0,2138}$$

$$x = 1,08696 \text{ ppm (ppm kurva)}$$

$$C_e = \text{ppm kurva} \times fp_1 \times fp_2 \times fp_3$$

$$C_e = 1,08696 \times 25 \times (10/8,4) \times (25/20,5)$$

$$C_e = 116,71 \text{ ppm}$$

3. Perhitungan Daya Serap (q_e)

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \times V}{W_a}$$

$$q_e = \frac{(118,3224 - 116,71) \times 0,025}{0,1008}$$

$$q_e = 0,399899 \text{ mg/g}$$

Keterangan:

A_1 : Bentonit alam yang belum teraktivasi berukuran 100 *mesh*

A_2 : Bentonit alam yang belum teraktivasi berukuran 50 *mesh*

B_1 : Bentonit alam yang teraktivasi secara fisika berukuran 100 *mesh*

B_2 : Bentonit alam yang teraktivasi secara fisika berukuran 50 *mesh*

C_1 : Bentonit alam yang teraktivasi secara kimia berukuran 100 *mesh*

C_2 : Bentonit alam yang teraktivasi secara kimia berukuran 50 *mesh*

Fp_1 : Faktor pengenceran dari konsentrasi awal 110 ppm menjadi 4,4 ppm (25)

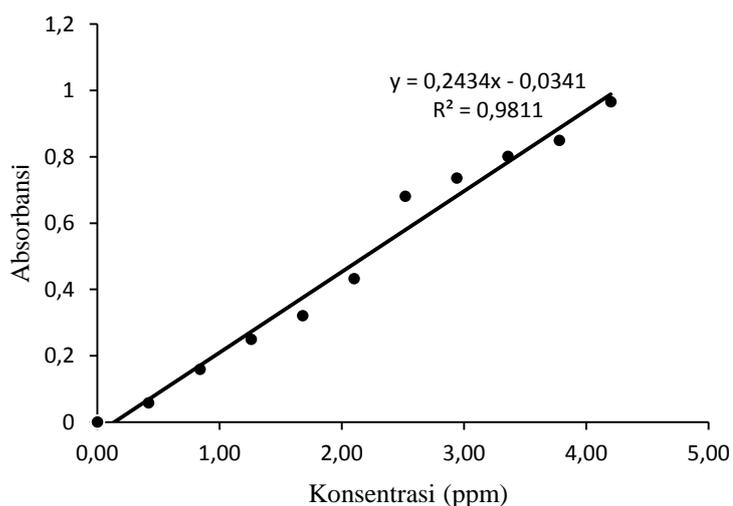
Fp_2 : Faktor pengenceran setelah penambahan larutan campuran (8,4/10)

Fp_3 : Faktor pengenceran setelah penepatan volume larutan setelah adsorpsi

b. Data dan Contoh Perhitungan Penentuan Konsentrasi Awal Optimum

Tabel 10. Data absorbansi larutan standar fosfat

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,00	0
0,42	0,058
0,84	0,159
1,26	0,249
1,68	0,320
2,10	0,432
2,52	0,680
2,94	0,735
3,36	0,801
3,78	0,849
4,20	0,965



Gambar 6. kurva kalibrasi larutan standar fosfat untuk variasi konsentrasi

Contoh Perhitungan Konsentrasi Larutan Standar dalam Pembuatan Kurva

Kalibrasi

Larutan standar 0,5 ppm (sebelum ditambah larutan campuran) (v awal 8,4 mL)

Larutan standar setelah ditambah larutan campuran (v akhir =10 mL)

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,5 \times 8,4 = M_2 \times 10$$

$$M_2 = 0,5 \times \frac{8,4}{10}$$

$$M_2 = 0,42 \text{ ppm}$$

Tabel 11. Penentuan konsentrasi awal optimum (A₁)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
80	0,468	61,3946				
90	0,657	84,5047				
100	0,769	98,1996				
110	0,842	107,125				
120	0,919	116,541				
130	0,964	122,043				
A ₁ -80	0,299		59,8971	1,4975	0,1006	0,3721
A ₁ -90	0,465		82,4700	2,0347	0,1006	0,5056
A₁-100	0,705		96,1425	2,0570	0,1000	0,5142
A ₁ -110	0,671		105,142	1,9835	0,1003	0,4944
A ₁ -120	0,678		114,569	1,9718	0,1000	0,4929
A ₁ -130	0,791		120,106	1,9366	0,1003	0,4827

Tabel 12. Penentuan konsentrasi awal optimum (A₂)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
80	0,468	61,3946				
90	0,657	84,5047				
100	0,769	98,1996				
110	0,842	107,125				
120	0,919	116,541				
130	0,964	122,043				
A ₂ -80	0,310		60,1072	1,2873	0,1004	0,32056
A₂-90	0,439		82,6409	1,8638	0,1003	0,46456
A ₂ -100	0,549		96,3499	1,8496	0,1000	0,46241
A ₂ -110	0,586		105,309	1,8157	0,1006	0,45124
A ₂ -120	0,698		114,766	1,7742	0,1007	0,44048
A ₂ -130	0,694		120,309	1,7340	0,1001	0,43306

Tabel 13. Penentuan Konsentrasi Awal Optimum (B₁)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
80	0,468	61,3946				
90	0,657	84,5047				
100	0,769	98,1996				
110	0,842	107,125				
120	0,919	116,541				
130	0,964	122,043				
B ₁ -80	0,317		48,7852	12,6094	0,1005	3,1366
B ₁ -90	0,466		69,4887	15,0160	0,1002	3,7465
B ₁ -100	0,584		82,1506	16,0489	0,1002	4,0042
B ₁ -110	0,611		89,6364	17,4893	0,1000	4,3723
B₁-120	0,727		99,0042	17,5366	0,1000	4,3841
B ₁ -130	0,769		104,467	17,5757	0,1004	4,3764

Tabel 14. Penentuan Konsentrasi Awal Optimum (B₂)

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	Q _e (mg/g)
80	0,468	61,3946				
90	0,657	84,5047				
100	0,769	98,1996				
110	0,842	107,125				
120	0,919	116,541				
130	0,964	122,043				
B ₂ -80	0,328		48,1261	13,2685	0,1006	3,2973
B ₂ -90	0,500		70,9863	13,5183	0,1007	3,3561
B ₂ -100	0,579		83,2969	14,9026	0,1005	3,7071
B ₂ -110	0,665		90,1718	16,9538	0,1008	4,2048
B₂-120	0,715		99,5616	16,9793	0,1000	4,2448
B ₂ -130	0,723		48,1261	13,2685	0,1006	3,2973

Tabel 15. Penentuan Konsentrasi Awal Optimum (C_1)

Kode	Absorbansi	C_0 (konsentrasi awal) (ppm)	C_e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	q_e (mg/g)
80	0,468	61,3946				
90	0,657	84,5047				
100	0,769	98,1996				
110	0,842	107,125				
120	0,919	116,541				
130	0,964	122,043				
C_1 -80	0,322		51,8361	9,55840	0,1005	2,377728
C_1 -90	0,529		73,2483	11,2563	0,1009	2,788996
C_1 -100	0,645		86,4973	11,7022	0,1008	2,902355
C_1 -110	0,634		94,9911	12,1345	0,1003	3,024572
C_1-120	0,765		103,947	12,5936	0,1008	3,123417
C_1 -130	0,791		109,662	12,3806	0,1007	3,073654

Tabel 16. Penentuan Konsentrasi Awal Optimum (C_2)

Kode	Absorbansi	C_0 (konsentrasi awal) (ppm)	C_e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	q_e (mg/g)
80	0,468	61,3946				
90	0,657	84,5047				
100	0,769	98,1996				
110	0,842	107,125				
120	0,919	116,541				
130	0,964	122,043				
C_2 -80	0,356		51,8475	9,54707	0,1001	2,3843
C_2 -90	0,479		74,6900	9,81460	0,1009	2,4317
C_2 -100	0,634		86,9068	11,2928	0,1002	2,8175
C_2 -110	0,730		95,3376	11,7881	0,1005	2,9323
C_2-120	0,770		104,597	11,9432	0,1007	2,9650
C_2 -130	0,813		110,191	11,8521	0,1005	2,9482

Contoh Perhitungan pada Penentuan Konsentrasi Awal Optimum (A_1 -80)

1. Perhitungan Konsentrasi Awal (C_0)

Absorbansi = 0,468 ; persamaan kurva kalibrasi $y = 0,2434x - 0,0341$

$$y = 0,2434x - 0,0341$$

$$x = \frac{0,468 + 0,0341}{0,2434}$$

$$x = 2,0628 \text{ ppm (ppm kurva)}$$

$$C_o = \text{ppm kurva} \times fp_1 \times fp_2$$

$$C_o = 2,0628 \times 25 \times (10/8,4)$$

$$C_o = 61,3946 \text{ ppm}$$

2. Perhitungan konsentrasi fosfat setelah teradsorp (C_e)

$$\text{Absorbansi} = 0,299 ; \text{ persamaan kurva kalibrasi } y = 0,2434x - 0,0341$$

$$0,299 = 0,2434x - 0,0341$$

$$x = \frac{0,299 + 0,0341}{0,2434}$$

$$x = 1,368529 \text{ ppm (ppm kurva)}$$

$$C_e = \text{ppm kurva} \times fp_1 \times fp_2 \times fp_3$$

$$C_e = 1,368529 \times 25 \times (10/8,4) \times (25/17)$$

$$C_e = 59,8971 \text{ ppm}$$

3. Perhitungan Daya Serap (q_e)

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \times V}{W_a}$$

$$q_e = \frac{(61,3946 - 59,8971) \times 0,025}{0,1006}$$

$$q_e = 0,3721 \text{ mg/g}$$

c. Data dan Contoh Perhitungan Penentuan Isotherm Adsorpsi

Tabel 17. Data penentuan isotherm adsorpsi masing-masing variasi bentonit

Kode	Freundlich			Langmuir			
	K_F	n_F	R^2	b (mg/g)	K (L/g)	R^2	E ads (kJ/mol)
A ₁	0,0929	2,7863	0,5869	0,6566	28,2	0,8706	19,7378
A ₂	0,0663	2,4498	0,5546	0,6235	23,1	0,7999	19,2439
B ₁	0,5214	2,1561	0,9694	7,0323	16,6	0,9783	24,1603
B ₂	0,7782	2,7601	0,7916	6,1013	21,1	0,8945	19,0108
C ₁	0,5851	2,7871	0,9703	4,2826	24,7	0,9936	19,4069
C ₂	0,5851	3,0102	0,8409	4,0849	24,4	0,9457	19,3734

Tabel 18. Data penentuan energi adsorpsi masing-masing variasi bentonit

Kode	Langmuir			
	b (mol/g)	K (L/g)	R ²	E ads (kJ/mol)
A ₁	6,76977x10 ⁻⁶	28,2	0,8706	19,7378
A ₂	6,4285x10 ⁻⁶	23,1	0,7999	19,2439
B ₁	7,25054x10 ⁻⁵	16,6	0,9783	24,1603
B ₂	6,29065x10 ⁻⁵	21,1	0,8945	19,0108
C ₁	4,41551x10 ⁻⁵	24,7	0,9936	19,4069
C ₂	4,21167x10 ⁻⁵	24,4	0,9457	19,3734

Contoh Perhitungan Penentuan Isotherm Adsorpsi dan Energi Adsorpsi pada Bentonit B₁

Tabel 19. Data hasil variasi konsentrasi bentonit B₁

Kode	C ₀ (ppm)	C _e (ppm)	C (ppm)	q _e (mg/L)	Log q _e	Log C _e	C _e /q _e (g/L)
B ₁ -80	61,3946	48,7852	12,6094	3,1366	1,6882	0,4964	15,5532
B ₁ -90	84,5047	69,4887	15,0160	3,7465	1,8419	0,5736	18,5475
B ₁ -100	98,1996	82,1506	16,0489	4,0042	1,9146	0,6025	20,5159
B ₁ -110	107,125	89,6364	17,4893	4,3723	1,9524	0,6407	20,5008
B ₁ -120	116,541	99,0042	17,5366	4,3841	1,9956	0,6418	22,5822
B ₁ -130	122,043	104,467	17,5757	4,3764	2,0189	0,6411	23,8705

Keterangan :

C₀ : Konsentrasi awal larutan fosfat (ppm)

C_e : Konsentrasi larutan fosfat setelah teradsorp (ppm)

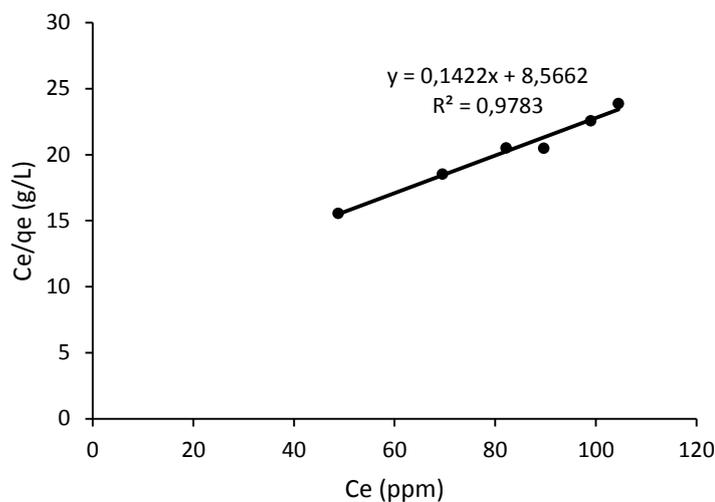
C : Konsentrasi fosfat yang terserap (ppm)

q_e : Daya serap bentonit (mg/g) / (mg/L)

Tabel 20. Data untuk menentukan persamaan isotherm adsorpsi Langmuir

C _e (ppm)	C _e /q _e (g/L)
48,7852	15,5532
69,4887	18,5475
82,1506	20,5159
89,6364	20,5008
99,0042	22,5822
104,4677	23,8705

Dari data tersebut kemudian dibuat grafik C_e Vs C_e/q_e , dihasilkan grafik:



Gambar 7. grafik isotherm Langmuir bentonit B₁

Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh persamaan isotherm adsorpsi

Langmuir :

$$y = 0,1422x + 8,5662$$

$$\text{Slope} = 0,1422$$

$$\text{Intersept} = 8,5662$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b \cdot K} + \frac{1}{b} C_e$$

Menurut persamaan isotherm adsorpsi Langmuir diatas, kapasitas adsorpsi (b) merupakan nilai dari 1/slope, sedangkan nilai K dihitung dari nilai intersept persamaan garis tersebut.

$$\text{Slope} = 0,1422$$

$$1/b = 0,1422$$

$$b = 7,032348 \text{ mg/g}$$

$$b = \frac{7,032348}{96,99}$$

$$b = 0,0725 \text{ mmol/g}$$

$$b = 7,25059 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$\text{Intersep} = 8,5662$$

$$\frac{1}{b \cdot K} = 8,5662$$

$$K = \frac{1/b}{\text{Intersep}} = \frac{1/7,25059 \times 10^{-5}}{8,5662}$$

$$K = 16.100,4658$$

$$\ln K = 9,6866$$

Energi adsorpsi bentonit B₁ dihitung dengan memasukkan nilai ln K dalam rumus

$$E = RT \ln K.$$

$$E = 8,314 \times 300 \times 9,6866$$

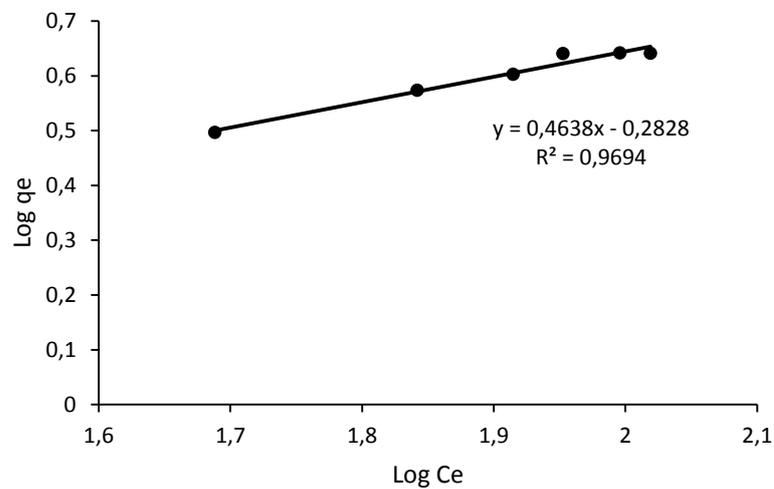
$$E = 24.160,3264 \text{ J/mol}$$

$$E = 24,1603 \text{ kJ/mol}$$

Tabel 21. Data untuk menentukan persamaan isotherm adsorpsi Freundlich

Log qe	Log Ce
1,6882	0,4964
1,8419	0,5736
1,9146	0,6025
1,9524	0,6407
1,9956	0,6418
2,0189	0,6411

Dari data tersebut kemudian dibuat grafik Log Ce Vs Log qe, dihasilkan grafik:



Gambar 8. grafik isotherm Freundlich bentonit B₁

Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh persamaan isotherm adsorpsi Freundlich :

$$y = 0,4638x - 0,2828$$

$$\text{Slope} = 0,4638$$

$$\text{Intersep} = -0,2828$$

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } k + \frac{1}{n} \text{Log } C_e$$

Menurut persamaan isotherm adsorpsi Freundlich diatas, kapasitas adsorpsi (k) merupakan nilai dari invers intersep, sedangkan nilai n dihitung dari nilai 1/slope persamaan garis tersebut.

$$y = 0,4638x - 0,2828$$

$$\text{Slope} = 0,4638$$

$$1/n = 0,4638$$

$$n = 2,1561$$

$$\text{Intersep} = -0,2828$$

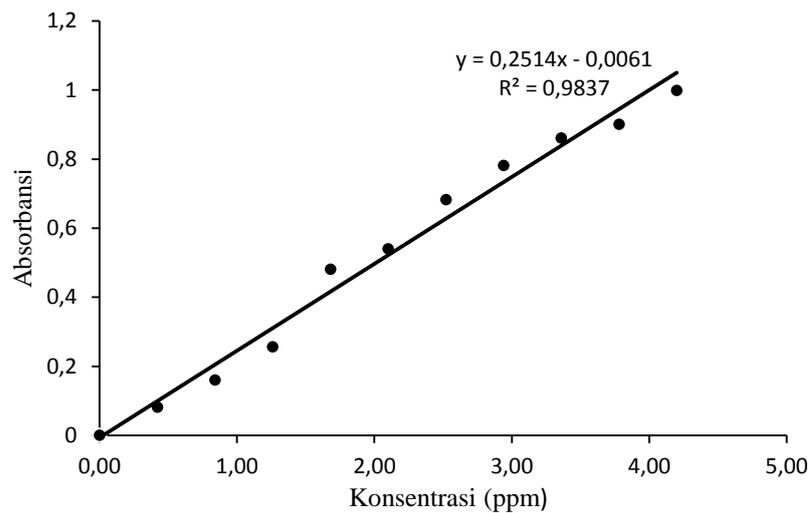
$$\text{Log } k = -0,2828$$

$$k = 0,521434$$

Lampiran 7. Data dan Contoh Perhitungan Aplikasi Bentonit dalam Menurunkan Kadar Fosfat dalam Perairan

Tabel 22. Data absorbansi larutan standar fosfat

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,00	0
0,42	0,082
0,84	0,160
1,26	0,256
1,68	0,481
2,10	0,54
2,52	0,682
2,94	0,781
3,36	0,861
3,78	0,900
4,20	0,998



Gambar 9. Kurva kalibrasi larutan standar fosfat untuk aplikasi bentonit

Contoh Perhitungan Konsentrasi Larutan Standar dalam Pembuatan Kurva

Kalibrasi

Larutan standar 0,5 ppm (sebelum ditambah larutan campuran) (v awal 8,4 mL)

Larutan standar setelah ditambah larutan campuran (v akhir = 10 mL)

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,5 \times 8,4 = M_2 \times 10$$

$$M_2 = 0,5 \times \frac{8,4}{10}$$

$$M_2 = 0,42 \text{ ppm}$$

Tabel 23. Data perhitungan aplikasi bentonit dalam menurunkan kadar fosfat dalam perairan

Kode	Absorbansi	C ₀ (konsentrasi awal) (ppm)	C _e (konsentrasi fosfat setelah teradsorp) (ppm)	C (konsentrasi yang terserap) (ppm)	Massa Bentonit (g)	q _e (mg/g)
Awal	0,18	8,8125				
B ₁ -1	0,112		5,5924	3,2200	0,1008	0,7986
B ₁ -2	0,112		5,5924	3,2200	0,1002	0,8034
B ₁ -3	0,113		5,6398	3,1727	0,1001	0,7923
Rata-rata				3,2042		0,7981

Contoh Perhitungan pada aplikasi bentonit untuk menurunkan kadar fosfat dalam perairan (B₁-1)

1. Perhitungan Konsentrasi Awal (C₀)

Absorbansi = 0,18 ; persamaan kurva kalibrasi $y = 0,2514x - 0,0061$

$$y = 0,2514x - 0,0061$$

$$x = \frac{0,18+0,0061}{0,2514}$$

$$x = 0,7402 \text{ ppm (ppm kurva)}$$

$$C_0 = \text{ppm kurva} \times fp_1 \times fp_2$$

$$C_0 = 0,7402 \times 25 \times (10/8,4)$$

$$C_0 = 8,8125 \text{ ppm}$$

2. Perhitungan konsentrasi fosfat setelah teradsorp (C_e)

Absorbansi = 0,112 ; persamaan kurva kalibrasi $y = 0,2514x - 0,0061$

$$0,112 = 0,2514x - 0,0061$$

$$x = \frac{0,112+0,0061}{0,2514}$$

$$x = 0,4697 \text{ ppm (ppm kurva)}$$

$$C_e = \text{ppm kurva} \times fp_1 \times fp_2 \times fp_3$$

$$C_e = 0,4697 \times 25 \times (10/8,4) \times (25/22)$$

$$C_e = 5,5924 \text{ ppm}$$

3. Perhitungan Daya Serap (q_e)

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{W_a}$$

$$q_e = \frac{(8,8125 - 5,5924) \times 0,025}{0,1008}$$

$$q_e = 0,7986 \text{ mg/g}$$

Lampiran 8. Dokumentasi



Bentonit Alam



Proses penyaringan setelah pencucian bentonit



Proses penyaringan setelah aktivasi bentonit

Hasil uji BaCl_2 pada filtrat setelah penyaringan pada saat aktivasi bentonit

Proses menghaluskan bentonit



Proses mengoven bentonit



Bentonit hasil preparasi



Persiapan larutan sebelum proses adsorpsi



Larutan kombinasi



Persiapan sebelum proses adsorpsi



Larutan fosfat sebelum diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis