

## BAB 2

# TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 tinjauan pustaka akan dijelaskan mengenai keterkaitan beberapa referensi terhadap penelitian “Analisis Pengaruh Massa Lempung Teraktivasi Asam sebagai Adsorben dalam Mengadsorpsi Ion Logam  $Pb^{2+}$ ”.

### 2.1 Lempung

Cadangan lempung cukup mudah untuk ditemukan hampir di seluruh wilayah Indonesia. Namun pemanfaatannya masih perlu dikembangkan secara berkelanjutan. Lempung adalah mineral alam yang berpori dari golongan silikat yang mempunyai ukuran partikel lebih kecil dari dua micrometer. Berdasarkan kandungan mineralnya tanah lempung dibedakan menjadi monmorilonit (smektit), kaolinit, haloisit, klorit dan ilit (Wiley, 1977). Lempung bersifat liat bila basah dan keras bila kering. Diantara lapisannya terdapat kation-kation yang berfungsi menyeimbangkan muatan negatif yang ada pada bidang lapisannya (Wijaya, 2001). Lempung merupakan adsorben yang baik dalam menyerap campuran organik, zat warna, dan ion logam berat. Keunggulan lempung sebagai adsorben ditunjang oleh sifat-sifat yang dimilikinya antara lain luas permukaan spesifik yang tinggi, stabil secara kimia dan mekanik, struktur permukaan yang berlapis, kapasitas pertukaran ion yang tinggi serta adanya asam-asam Bronsted dan Lewis (Bhattacharyya and Gupta, 2007). Lempung terdiri dari kation yang dapat ditukar seperti  $Na^+$ ,  $K^+$ , dan  $Ca^{2+}$ . Sebagian lempung juga bermuatan negatif, dan kenetralan dipertahankan oleh kation-kation yang dapat dipertukarkan seperti  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  dan  $Na^+$  yang berada terutama di antara lapisan-lapisan (*interlayer*) lempung, hal ini yang menjadikan lempung dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam berbahaya dalam limbah cair (Gu dkk, 2019),

Secara alami, lempung telah berperan dalam mengikat polutan-polutan yang dibawa oleh air di permukaan atau di dalam tanah. Peran tersebut terjadi melalui peristiwa adsorpsi dan/atau pertukaran ion (Bhattacharyya, 2007). Hal ini ditunjang

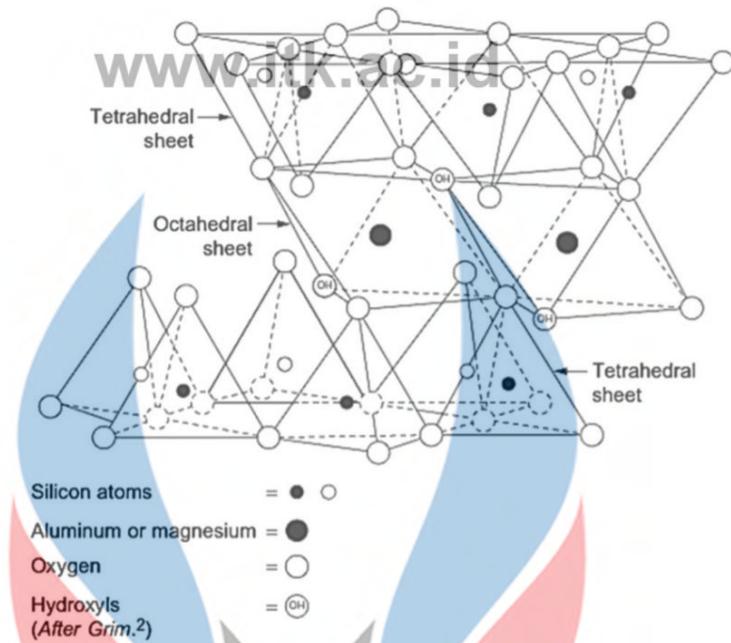
oleh struktur berlapis, disamping adanya ruang-ruang di antara lapisan yang ditempati oleh molekul air dan ion di dalam lempung. Oleh karena itu pula lempung selalu digunakan untuk melepaskan ion-ion logam atau senyawa organik yang tidak berguna dari dalam air (Gupta dkk, 2008). Agar daya adsorpsi pada lempung meningkat dapat dilakukan proses aktivasi. (Bhattacharyya dan Gupta, 2008).

Berdasarkan struktur mineralnya, permukaan lempung dibagi menjadi tiga golongan, yaitu Permukaan yang terbentuk dari ikatan Si-O-Si dari silika tetrahedral. Permukaan ini dicirikan oleh bidang-bidang permukaan dari atom-atom oksigen, sedangkan di bawahnya terdapat atom-atom silikon tetrahedral.



Gambar 2. 1 Struktur mineral lempung; (a) Silika tetrahedral, (b) Lembaran silika (Endah, 1995).

Kemudian permukaan yang terbentuk dari ikatan O-Al-OH dari aluminium oktahedral. Permukaan ini dicirikan oleh bidang yang tersusun dari gugus OH yang tersumbal keluar. Bagian bawah ditempati oleh atom-atom Al, Fe, atau Mg sebagai pusat oktahedral.



Gambar 2. 2 Struktur mineral lempung dengan ikatan O-Al-OH (Bhattacharyya dan Gupta, 2008).

Permukaan yang terbentuk dari ikatan Si-OH atau Al-OH dari persenyawaan-persenyawaan amorf. Permukaan yang dibentuk oleh Si-OH disebut permukaan tipe silanol sedangkan Al-OH disebut permukaan tipe aluminol (Tan, 1991).

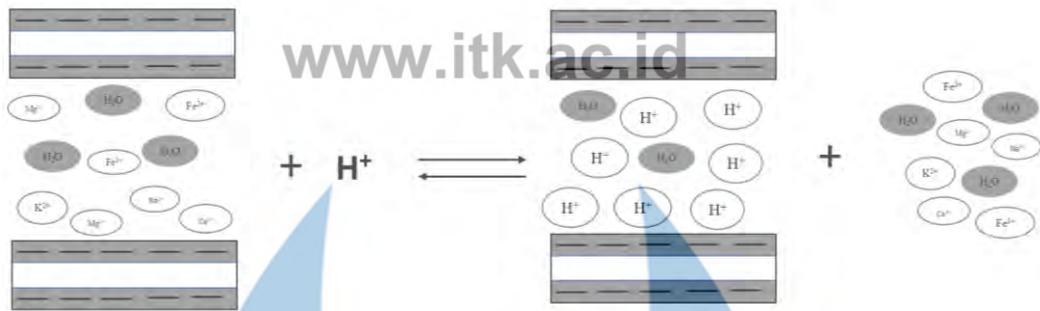


Gambar 2. 3 Struktur Mineral Lempung; (c) Aluminium Oktahedral, (d) Lembaran Alumina (Endah, 1995)

Analisis struktur material diperlukan untuk mengidentifikasi material tersebut dan sebagai tindak lanjut untuk pemanfaatannya.

Aktivasi merupakan suatu perlakuan yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga adsorben mengalami perubahan fisik maupun kimia, yaitu luas permukaan bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Salamah, 2008). Luas permukaan berhubungan erat dengan aktivitas karena reaksi berlangsung dalam permukaan. Luas permukaan yang besar akan menyebabkan semakin banyak pula molekul-molekul zat pereaksi teradsorpsi pada permukaan sehingga aktivitasnya akan bertambah besar (Sari dkk, 2016). Aktivasi juga bertujuan untuk melarutkan pengotor-pengotor atau senyawa-senyawa yang dapat menutupi pori lempung (Sinta dkk, 2015). Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan larutan asam ataupun basa (Dewi dkk, 2015). Aktivasi lempung menggunakan asam akan menghasilkan lempung dengan situs aktif lebih besar dan keasaman permukaan yang lebih besar, sehingga akan dihasilkan lempung dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan sebelum diaktivasi sedangkan aktivasi (Notodarmojo, 1994). Hal ini dibuktikan dengan penelitian Nugraha (2017), aktivasi meningkatkan luas permukaan dimana pada bentonite alam luas sebesar  $73,35 \text{ m}^2/\text{g}$  dan luas permukaan bentonite teraktivasi  $100,73 \text{ m}^2/\text{g}$ . Kemudian dihasilkan adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  oleh bentonite sebesar  $,22 \text{ mg/g}$ , dan pada bentonit teraktivasi sebesar  $0,46 \text{ mg/g}$ .

Diketahui salah satu lempung berstruktur kristal berupa lembaran lembaran (*sheets*) yang dibentuk oleh lapisan tetrahedral dan lapisan oktahedral dengan perbandingan 2:1. Lapisan tetrahedral merupakan lapisan silika, sedangkan lapisan oktahedral ditempati oleh oksida aluminium. Posisi Si ini terkadang ditempati pula oleh atom Al, sedangkan posisi oktahedral atom Al terkadang ditempati oleh Mg atau Fe. Ruang antara lembaran (*interlayer*) aluminasi tersebut biasanya diisi oleh air serta kation  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  dan  $\text{Na}^+$  yang dapat dipertukarkan. Karena komposisi kimianya, setiap kristal lempung memiliki muatan negatif, dan kenetralan dipertahankan oleh kation-kation yang dapat dipertukarkan seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  dan  $\text{Na}^+$  yang berada di antara lapisan-lapisan (*interlayer*) lempung dengan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) dari larutan asam (Sadiana, 2018). Ruang *interlayer* dari lempung dapat disisipkan dengan kation melalui pertukaran ion atau interaksi fisik dan kimia lainnya (Liao, 2015).



Gambar 2. 4 Ilustrasi Pertukaran Kation pada Ruang Antar Lapis penyusun lempung

Tahap aktivasi lempung bertujuan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi lempung dengan cara mencuci lempung dari fraksi pengotornya seperti senyawa organik yang masih menutupi situs-situs aktif lempung tersebut. Situs aktif juga akan mengalami peningkatan karena situs aktif yang sebelumnya tertutup menjadi terbuka. Aktivasi dilakukan dengan menggunakan  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{HCl}$ . Senyawa  $\text{KMnO}_4$  digunakan sebagai oksidator kuat yang bekerja baik untuk mengoksidasi senyawa-senyawa organik apabila bekerja dalam suhu tinggi dan dalam suasana asam. Senyawa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  digunakan sebagai pemberi suasana asam pada proses aktivasi, dimana senyawa ini tidak menyebabkan dealuminasi yaitu proses destruksi aluminium yang merupakan komponen penyusun lempung seperti silikon oksida. Senyawa  $\text{HCl}$  juga digunakan sebagai pemberi suasana asam kuat untuk mengikat sejumlah molekul air yang tersisa (Nurwahida 2013).

### 2.3 Timbal

Logam berat adalah istilah yang digunakan secara umum pada kelompok logam berat dan metaloid dimana densitasnya lebih besar dari  $5 \text{ g/cm}^3$ , termasuk pada unsur Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn (Hutagalung dkk., 1997). Logam berat terdapat pada seluruh lapisan alam, tetapi dalam konsentrasi yang rendah. Di dalam air laut konsentrasinya berkisar antara  $10^{-5}$  –  $10^{-3}$  ppm. Pada kadar yang rendah terdapat beberapa logam berat yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk pertumbuhan dan perkembangan hidup. Tetapi sebaliknya apabila kadarnya meningkat, maka logam berat tersebut dapat menjadi racun (Philips, 1980). Pencemaran logam berat pada perairan dapat berasal dari kegiatan alam maupun industri. (Palar, 1994).

Timbal atau yang dikenal sehari-hari dengan timah hitam dan dalam bahasa ilmiahnya dikenal dengan kata plumbum dan logam ini disimpulkan dengan Pb (Palar, 2004). memiliki massa jenis  $11,34\text{g/cm}^3$  (Widowati, 2008). Ukuran ion logam  $\text{Pb}^{2+}$  adalah  $1,75 \text{ \AA}$  (Sari, dkk 2020). Timbal merupakan logam berat yang terdapat di dalam kerak bumi. Keberadaan timbal bisa juga berasal dari hasil aktivitas manusia, yang jumlahnya 300 kali lebih banyak dibandingkan timbal alami yang terdapat pada kerak bumi. Timbal terkonsentrasi dalam deposit bijih logam. Unsur timbal digunakan dalam bidang industri modern sebagai bahan pembuatan pipa air yang tahan korosi, bahan pembuat cat, baterai, dan campuran bahan bakar bensin tetraetil. Timbal mendapat perhatian khusus karena sifatnya yang beracun terhadap manusia. Timbal (Pb) dapat masuk ke dalam tubuh melalui konsumsi makanan, minuman, udara, air serta debu yang tercemar (Thomas, 1995).

Timbal adalah logam yang bersifat toksik terhadap manusia, yang bisa berasal dari mengonsumsi makanan, minuman, atau melalui inhalasi dari udara, kontak langsung lewat kulit, kontak lewat mata, dan lewat prenatal keracunan timbal dapat menyebabkan efek akut dan kronis. Gejala keracunan kronis ditandai oleh rasa mual, anemia, sakit pada bagian perut, dan dapat menyebabkan kelumpuhan. Keracunan timbal juga dapat mempengaruhi seperti sistem peredaran darah, sistem saraf, system urinaria, system reproduksi, system endokrin, dan jantung. (Palar, 2012).

## 2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah merupakan suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada padatan (Robert, 1981). Adsorpsi merupakan suatu sistem yang memanfaatkan kemampuan suatu zat padat untuk menjerap zat atau molekul serta proses penjerapan tersebut hanya berlangsung dipermukaan saja. Zat terlarut yang tertahan pada permukaan zat padat dalam proses adsorpsi disebut adsorbat sedangkan tempat dimana larutan tertahan disebut adsorben. Peristiwa akumulasi partikel dari larutan pada permukaan adsorben inilah yang disebut sebagai adsorpsi (Rashed, 2013). Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik-menarik permukaan. Sifat dari masing-masing permukaan berbeda, tergantung pada susunan dalam molekul-molekul zat. Setiap

molekul dalam interior dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar, setimbang ke segala bagian. Sedangkan untuk molekul dipermukaan hanya mempunyai gaya tarik kearah dalam (Asip, 2008).

Adsorpsi menjadi dua tipe, yaitu: *physical adsorption*, terjadi karena adanya gaya tarik menarik gaya inter molekuler diantara material yang melayang dengan molekul-molekul padatan, yang kedua adalah *chemisorptions*; terjadinya adsorpsi dalam proses ini karena adanya interaksi antara padatan dengan zat yang diserap (Treyball, 1981). Dalam adsorpsi kimia partikel molekulnya pada permukaan dan membentuk ikatan kimia kovalen (Mc Cash, 2001). Jika adsorbat dan permukaan adsorben berinteraksi hanya dengan gaya *Van der Waals*, maka yang terjadi adalah adsorpsi fisika. Molekul yang teradsorpsi terikat secara lemah pada permukaan dan panas adsorpsi rendah sehingga naiknya temperatur ditandai dengan turunnya jumlah adsorpsi. Pada proses fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lainnya, dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat yang satu dapat digantikan oleh adsorbat lainnya hingga membentuk lapisan multilayer (Alberty, 1990). Adsorpsi fisik ini biasanya reversible (dapat balik) karena dapat dilepas kembali dengan adanya penurunan konsentrasi larutan (trisnawati, 2008). Adsorpsi juga mungkin terjadi dengan mekanisme pertukaran ion. Permukaan padatan dapat mengadsorpsi ion-ion dari larutan dengan mekanisme pertukaran ion. Karena itu ion pada gugus senyawa permukaan padatan adsorbennya dapat bertukar tempat dengan ionion adsorbat (Barrow, 1979).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

#### **2.4.1 Luas permukaan**

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben (Syauqiah dkk, 2011). Menurut Nurhasni dkk (2012), Semakin bertambahnya massa adsorben berarti jumlah partikelnya akan semakin bertambah dan luas permukaannya akan semakin besar. Sehingga menyebabkan jumlah tempat untuk mengikat ion ikut bertambah dan efisiensi penyerapan menjadi meningkat (Refilda dkk, 2001). Menurut Reira dkk, 2017, mengkontakkan adsorben daun nanas dengan

variasi massa adsorben 1,5 gram, 2 gram, 2,5gram dan 3gram diperoleh daya serap tertinggi pada massa 3 gram dengan efisiensi penyerapan logam Fe 76,14%.

#### **2.4.2 Waktu Kontak**

Penentuan waktu kontak optimum pada proses adsorpsi bertujuan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan adsorben dama menyerap ion logam secara maksimal (Ngapa dan Gago, 2019). Semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, maka jumlah adsorbat yang berinteraksi dengan situs aktif adsorben akan semakin banyak, Namun, disaat adsorben telah mencapai waktu optimum dalam penyisihannya adsorben tersebut mengalami penurunan efisiensi dan kapasitas adsorpsi. Hal ini dikarenakan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang melebihi waktu kontak terbaik dapat menyebabkan proses desorpsi. Dan disebabkan oleh lemahnya interaksi yang terjadi antar ion logam dengan adsorben untuk terikat pada permukaan adsorben (Pratomo, S. W., dkk. 2017).

#### **2.4.3 Kelarutan adsorben**

Proses adsorpsi terjadi pada molekul-molekul yang ada dalam larutan harus dapat berpisah dari cairannya dan dapat berikatan dengan permukaan adsorben. Sifat unsur yang terlarut mempunyai gaya tarik-menarik terhadap cairannya yang lebih kuat bila dibandingkan dengan unsur yang sukar larut. Dengan demikian unsur yang terlarut akan lebih sulit terserap pada adsorben bila dibandingkan dengan unsur yang tidak larut (Asip, 2008).

#### **2.4.5 Temperature**

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun (Syauqiah dkk, 2011).

Kapasitas adsorpsi dapat berkaitan dengan kemampuan daya serap adsorben terhadap zat yang akan diserap. Hal ini juga terkait dari besar atau kecilnya ukuran pori adsorben. Jika ukuran pori adsorben lebih besar dari ukuran partikel zat terserap maka memungkinkan terjadinya proses penyerapan (Haura, 2017).

Persamaan isoterm Freundlich ditentukan dengan menggunakan persamaan isotermal Freundlich lalu dibuat kurva  $\text{Log } C_e$  vs  $\text{Log } Q_e$  (Pranoto, 2018). Persamaan isotermal Freundlich didasarkan atas terbentuknya lapisan-lapisan dari

molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben yang menghubungkan jumlah zat teradsorpsi dengan jumlah zat tersisa dalam larutan berair, yang dinyatakan dalam persamaan berikut (Sunarya,2006).

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (2.1)$$

$$\log q_e = \text{Log } K_F + 1/n \log C_e \quad (2.2)$$

Dimana  $q_e$  adalah jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi zat pada kesetimbangan adsorpsi (mg/L),  $K_F$  adalah kapasitas adsorpsi dan  $n$  adalah koefisien adsorpsi Freundlich (Roy, 1995).

Persamaan isotermal Langmuir ditentukan dengan menggunakan persamaan Langmuir dan dibuat kurva  $C_e$  vs  $C_e/Q_e$  (Pranoto, 2018). Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir menggambarkan hubungan antara konsentrasi zat terlarut dalam fasa cair dan fasa padat pada kondisi kesetimbangan, yang dapat dituliskan sebagai berikut (Wijayanti, 2009).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_a q_m} + \frac{1}{q_m} C_e \quad (2.3)$$

Dimana  $C_e$  merupakan konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan adsorpsi,  $q_e$  adalah jumlah adsorbat yang terjerap per gram adsorben,  $K_a$  adalah konstanta yang berhubungan dengan afinitas adsorpsi dan  $q_m$  adalah kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben (Malik, 2004).

Energi adsorpsi ( $E_{ads}$ ) yang didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan apabila 1 mol ion logam teradsorpsi dalam adsorben dan nilainya ekuivalen dengan nilai negatif dari perubahan energi bebas gibbs standar  $\Delta G^\circ$ , dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$E_{ads} = \Delta G^\circ = RT \ln K \quad (2.4)$$

Dengan  $R$  adalah tetapan gas umum (8,314 J/mol K),  $T$  adalah temperatur (K) dan  $K$  adalah tetapan kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh dari persamaan langmuir dan energi total adsorpsi adalah sama dengan energi bebas Gibbs (Wardani, 2007).

## 2.5 Brunauer-Emmet-Teller (BET)

Pada tahun 1938 tiga orang ilmuwan, yaitu Stephen Brunauer, P.H. Emmett, dan Edward Teller berhasil melakukan penelitian tentang adsorpsi gas multilayer. Teori ini menjelaskan bahwa energi diserap melalui adanya induksi dipol kedalam

gas non-polar sehingga terjadi ikatan antara lapisan teradsorpsi (Brunauer et al., 1938). Teori ini merupakan lanjutan dari teori Langmuir, dimana teori Langmuir terbatas hanya pada satu lapisan saja (*monolayer*).

Teori BET dapat digunakan setelah dilakukan uji menggunakan alat SAA (*Surface Area Analyzer*). Alat ini berfungsi untuk menentukan diameter dan volume pori, serta luas permukaan spesifik material. Berdasarkan prinsip adsorpsi-desorpsi gas adsorbat. Mekanisme adsorpsi gas tersebut berupa penyerapan gas (nitrogen, argon dan helium) pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu tetap. Jika diketahui volume gas (nitrogen, argon, atau helium) yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada suhu dan tekanan tertentu dan diketahui secara teoritis luas permukaan dari satu molekul gas yang diserap, maka luas permukaan total padatan tersebut dapat dihitung. Luas permukaan merupakan jumlah pori pada setiap satuan luas dari sampel. Sementara luas permukaan spesifik adalah luas permukaan per satuan gram (Perwira, 2014). Untuk menghitung luas padatan tersebut, teori BET inilah yang digunakan dengan menggunakan persamaan 2.4.

Untuk menghitung luas padatan tersebut, teori BET inilah yang digunakan dengan menggunakan persamaan

$$S = \frac{X_m L_{av} A_m}{M_p} \quad (2.4)$$

S yaitu luas permukaan total,  $X_m$  yaitu kapasitas monolayer yang dapat diperoleh melalui persamaan 2.2,  $L_{av}$  yaitu bilangan Avogadro ( $6,023 \times 10^{23}$  molekul/mol),  $A_m$  yaitu luas penampang adsorbat dengan nilai  $0,162 \text{ nm}^2$  menggunakan adsorbat nitrogen, dan yaitu volume molar gas ideal sebesar  $22,4 \text{ liter/mol}$ . Sementara kapasitas monolayer dapat diketahui menggunakan *slope* dan *intercept* dari hasil uji.

$$X_m = \frac{1}{s+1} \quad (2.5)$$

Pada analisis luas permukaan menggunakan uji SAA, sering digunakan gas nitrogen. Hal ini disebabkan tersedianya gas nitrogen dalam kemurnian yang tinggi

www.itk.ac.id

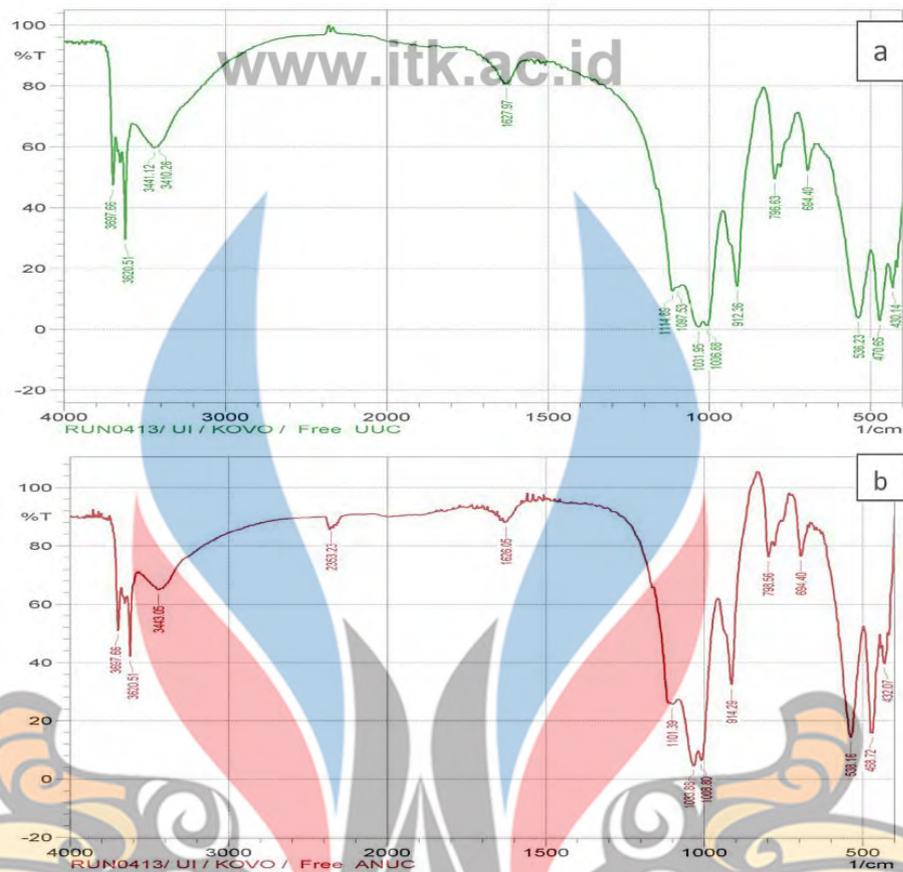
dan dapat berinteraksi dengan kuat dengan kebanyakan padatan. Biasanya, interaksi antara fasa gas dan padat lemah, sehingga permukaan didinginkan menggunakan nitrogen cair untuk memperoleh jumlah adsorpsi yang terdeteksi. Selanjutnya, tekanan relatif yang lebih rendah dibandingkan dengan tekanan atmosfer didapatkan dalam kondisi setengah vakum. Setelah lapisan adsorpsi terbentuk, gas nitrogen kemudian dihilangkan atau dibebaskan dari sampel dengan cara dipanaskan (Hwang and Barron, 2011).

## 2.6 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

FTIR (*Fourier Transform InfraRed*) merupakan metode yang menggunakan spektroskopi inframerah. Pada spektroskopi infra merah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan atau ditransmisikan. Analisis gugus fungsi dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui proses yang terjadi pada pencampuran apakah secara fisik atau kimia. Sampel ditempatkan ke dalam set holder, kemudian dicari spektrum yang sesuai. Hasilnya akan didapatkan difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas. (Thermo, 2011).

Prinsip kerja FTIR berupa infrared yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer (Thermo, 2001).

Pengujian dengan spektroskopi FT-IR tidak memerlukan persiapan sampel yang rumit dan bisa digunakan dalam berbagai fase baik padat, cair maupun gas. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi adsorpsi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi infra merah oleh molekul suatu materi. Adsorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat yakni kesesuaian antara frekuensi radiasi infra merah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwal, 1985).



Gambar 2. 5 Spektrum FTIR a. Lempung sebelum aktivasi b. Lempung sesudah Aktivasi (Akpomu dan Dawodu, 2016).

Spektrum montmorilonit termodifikasi asam (Gambar b) menunjukkan persistensi puncak  $-OH$  permukaan bagian dalam  $3620\text{ cm}^{-1}$  dan  $3697\text{ cm}^{-1}$  di lempung sebelum aktivasi dan lempung sesudah aktivasi, ini menunjukkan bahwa modifikasi tidak berpengaruh pada posisi montmorillonite ini. Perubahan pada pita serapan  $-OH$  dari ( $3441\text{ cm}^{-1}$  hingga  $3443\text{ cm}^{-1}$ ,  $1627\text{ cm}^{-1}$  hingga  $1626\text{ cm}^{-1}$  dan hilangnya pita  $3410\text{ cm}^{-1}$ ) menunjukkan bahwa modifikasi berpengaruh pada posisi ini. Lempung yang dimodifikasi dengan asam menunjukkan pita serapan baru pada  $2353\text{ cm}^{-1}$  sesuai dengan getaran ulur OH, yang tidak ada di lempung sebelum aktivasi, ini mungkin menunjukkan adanya situs OH bebas pada lempung yang diaktivasi (Akpomu dan Dawodu, 2016).

## 2.7 Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS)

Spektrofotometri serapan atom (AAS) adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan unsur-unsur dalam suatu sampel/cuplikan yang berbentuk

larutan. Prinsip dari analisis dengan AAS ini didasarkan proses penyerapan energi oleh atomatom yang berada pada tingkat tenaga dasar (*ground state*). Penyerapan energi tersebut akan mengakibatkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat tenaga yang lebih tinggi (*excited state*). Akibat dari proses penyerapan radiasi tersebut elektron dari atom-atom bebas tereksitasi ini tidak stabil dan akan kembali ke keadaan semula disertai dengan memancarkan energi radiasi dengan panjang gelombang tertentu dan karakteristik untuk setiap unsur (Gunanjar, 1997).

Prinsip dasar spektrofotometri serapan atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Cara kerja Spektrofotometri Serapan Atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan diantaranya oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya sampai tingkat runtu, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan. Kelebihan kedua adalah kemungkinannya untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runtu. Ketiga, sebelum pengukuran tidak selalu perlu memisahkan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia (Khopkar, 1990).

Kandungan logam  $\text{Co}^{2+}$  yang teradsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Ngapa dan Gago, 2019).

$$qe = \frac{(Co - Ce)}{w} V \quad (2.6)$$

Dimana:

qe : Jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/g)

Co: Konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L)

Ce: Konsentrasi ion logam setelah adsorpsi (mg/L)

V: Volume larutan ion logam (L)

W: Massa adsorben (gr)

Konsentrasi ion logam berat yang teradsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan – persamaan sebagai berikut

$$\text{Daya Adsorpsi \%} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dimana,  $C_0$  adalah konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L),  $C_e$  adalah konsentrasi ion logam sesudah adsorpsi (mg/L),  $q_e$  adalah jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/L),  $V$  adalah volume larutan ion logam (L) dan  $m$  adalah massa adsorben (gr) (Supriyantini, 2018).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Patandean pada tahun 2021 mengenai “Adsorpsi Ion Logam  $\text{Co}^{2+}$  Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Dari Kulit Lai *Durio kutejensis (Hassk) Becc.* Yang Terimmobilisasi Pada Lempung Asal Kalimantan”, Pengujian awal adsorpsi dilakukan dengan variasi konsentrasi pada konsentrasi 5 ppm, 15 ppm, dan 30 ppm pada variasi waktu kontak 5, 15, dan 30 menit. Berikut adalah hasil analisis variasi konsentrasi:

Tabel 2. 1 Daya Serap Ion  $\text{Co}^{2+}$  pada Adsorben (Patandean, 2021)

$C_0$ (mg/L)	Waktu Kontak (menit)	$C_e$ (mg/L)	$V$ (L)	$W$ (gr)	$q_e$ (mg/g)
5	5	3,42	0,03	0,1	0,474
5	15	3,47	0,03	0,1	0,459
5	30	3,44	0,03	0,1	0,468
15	5	7,93	0,03	0,1	2,121
15	15	8,08	0,03	0,1	2,076
15	30	8,01	0,03	0,1	2,097
30	5	15,2	0,03	0,1	4,44
30	15	14,9	0,03	0,1	4,53
30	30	14,3	0,03	0,1	4,71

Pada tabel 2.1 menunjukkan bahwa Pada penelitian ini massa adsorben yang digunakan sebanyak 0,1 gr dengan volume larutan ion logam sebanyak 0,03 L. Dari tabel dapat dilihat bahwa pada ketiga konsentrasi yang ada yaitu 5, 15 dan 30 ppm, yang paling banyak mengadsorpsi ion logam  $\text{Co}^{2+}$  adalah pada konsentrasi 30 ppm dengan waktu kontak 30 menit dimana massa  $\text{Co}^{2+}$  yang teradsorpsi adalah sebesar 4,71 mg/L (Patandean, 2021).

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan

Tabel 2. 2 Daftar Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	Ngapa dan Gago, 2019	<p>Metode : Zeolit alam sebanyak 100 gram ditambahkan larutan HCl pada konsentrasi 0; 0,5 M; 1,5 M; 3 M; dan 5 M. Campuran diaduk dengan magnetik stirer selama 3 jam, selanjutnya dibilas dengan akuades hingga diukur pH campuran netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam. Kondisi adsorpsi yang digunakan adalah pH 2, 4, 6, 8, dan 10 dan waktu kontak 15, 30, 60, 90, dan 120 menit.</p> <p>Hasil : Konsentrasi optimum larutan HCl yang dapat digunakan untuk proses aktivasi adalah 3.0 M. Karakteristik adsorpsi ion logam Pb(II) pada adsorben zeolit alam Ende – NTT dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH) dan waktu kontak antara adsorben zeolit dan ion logam Pb(II), di mana Pb(II) teradsorpsi optimum pada pH = 4 dan waktu kontak 60 menit.</p>
2.	Prasetiowati, 2014	<p>Metode : 50 gram bentonit teknis dengan ukuran 100 mesh dan direndam dalam 100 mL akuademin selama 24 jam. Kemudian diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 100 rpm dan disaring. Residu yang diperoleh direndam dalam 200 mL HCl 0,5 M sambil diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 100 rpm kemudian disaring dan dicuci dengan akuademineral.</p> <p>Residu yang dihasilkan dipanaskan dengan suhu 100,</p>

140, 200, dan 400 °C selama 1 jam. Setelah kering, digerus sampai halus dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Penentuan daya serap bentonit terhadap ion  $\text{Cd}^{2+}$  dilakukan secara *batch*, yaitu dengan cara menambahkan bentonit teknis dengan variasi massa 0,1; 0,3; 0,5; dan 1 gr kedalam 50 mL larutan  $\text{Cd}^{2+}$  dengan konsentrasi optimum sambil diaduk. Selanjutnya disaring dan filtratnya diambil untuk dianalisa kadar  $\text{Cd}^{2+}$  sisa dengan spektrofotometer AAS. Diulangi untuk replikasi sebanyak 3 kali.

Hasil : Massa adsorben optimum 0,3 gram.

---

