

## BAB 2

# TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 ini, akan dijelaskan mengenai beberapa referensi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Bab 2 membahas beberapa aspek bahasan, diantaranya: Kitosan, Lempung, Logam Berat, Timbal, Adsorpsi, Aktivasi, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), BET (Brunauer-Emmett-Teller) *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), dan penelitian terdahulu.

### 2.1 Logam Berat

Logam berat adalah unsur yang mempunyai densitas lebih dari 5 gr/cm<sup>3</sup>. Logam-logam berat merupakan salah satu dari bahan pencemar lingkungan, dan beberapa dari unsur logam tersebut merupakan logam yang paling berbahaya, diantara unsur-unsur logam berat pencemar tersebut adalah Arsen (As), Timbal (Pb), Merkuri (Hg) dan Kadmium (Cd). Sifat dari logam-logam ini adalah mempunyai afinitas yang besar dengan sulfur (belerang). Logam-logam ini menyerang ikatan sulfida pada molekul-molekul penting sel misalnya protein (enzim), sehingga enzim tidak berfungsi. Ion-ion logam berat bisa terikat pada molekul penting pada membran sel yang menyebabkan terganggunya proses transpor melalui membran sel (Endrinaldi, 2009).

Keberadaan logam berat dalam tanah merupakan sesuatu yang tidak bisa dihindari. Dalam jumlah kecil logam berat seperti Fe, Cu dan Zn merupakan unsur mikro yang diperlukan oleh tumbuh tumbuhan maupun hewan. Namun dalam konsentrasi yang lebih besar dapat menyebabkan keracunan. Sementara logam berat seperti Hg, Cd, Cr, As, Pb belum diketahui jelas kegunaannya dalam metabolisme tumbuhan, yang dalam batas tertentu mengindikasikan terjadinya pencemaran lingkungan (Notohadiprawiro, 1995).

Logam berat seperti Pb, Cr, Cs, As, Sc dan Fe jika dibuang ke lingkungan akan terakumulasi dan merusak baik secara langsung maupun tidak langsung makhluk hidup terutama manusia. Akumulasi logam berat pada tubuh

manusia dapat terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung. Pencemaran logam berat dalam lingkungan bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada manusia, hewan, dan tanaman, maupun lingkungan. Logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- a. Logam berat esensial adalah logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Akan tetapi, logam tersebut bisa menimbulkan efek racun jika dalam jumlah yang berlebihan. Contohnya yaitu: Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain-lain.
- b. Logam berat tidak esensial adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat racun. Contohnya yaitu: Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain (Irhamni,2017).

## 2.2 Timbal

Logam Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam. Dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum, dan logam ini di simbolkan dengan Pb. Penyebaran logam Pb di bumi sangat sedikit. Jumlah logam Pb yang terdapat di seluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002 % dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Logam tersebut mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2 dan massa jenis  $11,34 \text{ g/cm}^3$  dengan kata lain timbal (Pb) disebut juga sebagai unsur logam berat ( Palar, 2008).

Timbal (Pb) merupakan suatu logam berat yang lunak berwarna kelabu kebiruan dengan titik leleh  $327 \text{ }^\circ\text{C}$  dan titik didih  $1.620 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pada suhu  $550\text{--}600^\circ\text{C}$  timbal menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal oksida (Palar, 2004). Timbal dapat terakumulasi dalam tubuh organisme air. Jika organisme air yang terakumulasi timbal dikonsumsi oleh manusia, maka timbal akan memasuki tubuh manusia dan menyebabkan gangguan. Beberapa peneliti telah melaporkan beberapa efek timbal terhadap Kesehatan manusia. Timbal dapat mengganggu sistem reproduksi pria dengan menurunkan kualitas semen. paparan timbal sebesar  $5.29\text{--}7.25 \text{ } \mu\text{g/dl}$  dapat menurunkan kualitas semen pada pria.

Baloch *et al* (2020). Bila konsentrasi timbal dalam darah lebih besar dari 20  $\mu\text{g}/\text{dl}$  dapat menurunkan hemoglobin dan meningkatkan risiko terkena anemia (Liu *et al.*, 2011). 28 orang dari 33 pekerja (84,8%) dalam pengecoran logam menderita gangguan fungsi hati (Minarti, dkk 2015).

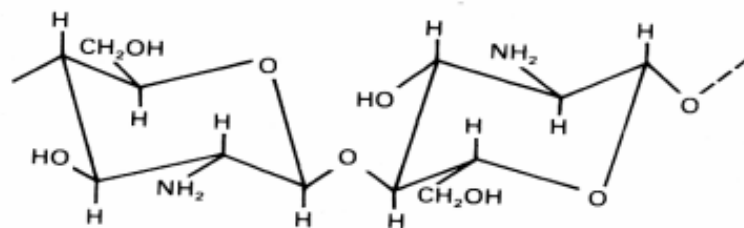
Dampak timbal (Pb) merusak berbagai organ tubuh manusia, terutama sistem saraf, sistem pembentukan darah, ginjal, sistem jantung, dan sistem reproduksi. Timbal juga dapat menyebabkan tekanan darah tinggi dan anemia. Dampak negatif dari bahaya timah hitam adalah bahwa pencemaran timah hitam dalam udara menurut penelitian merupakan penyebab potensial terhadap peningkatan akumulasi kandungan timah hitam dalam darah. Akumulasi timah hitam dalam darah yang relatif tinggi akan menyebabkan sindroma saluran pencernaan, kesadaran, anemia, kerusakan ginjal, hipertensi, neuromuskular, dan konsekuensi pathophysiologis serta kerusakan saraf pusat dan perubahan tingkah laku. Timbal digunakan antara lain sebagai bahan produksi baterai dan amunisi, komponen pembuatan cat, pabrik tetraethyl lead, pelindung radiasi, lapisan pipa, pembungkus kabel, gelas keramik, barang-barang elektronik, tube atau kontainer, juga dalam proses mematri (Ardillah, 2016).

### **2.3 Kitosan**

Kitosan adalah senyawa polimer alami turunan kitin yang diperoleh dari hasil deasetilasi limbah perikanan seperti kulit udang dan kulit rajungan. Rajungan (*Portunus pelagicus*) merupakan salah satu komoditas ekspor sektor perikanan Indonesia yang dijual dalam bentuk rajungan beku atau kemasan dalam kaleng. Dari aktivitas pengambilan dagingnya oleh industri pengolahan rajungan dihasilkan limbah kulit keras (cangkang) cukup banyak yang jumlahnya dapat mencapai sekitar 40-60 % dari total berat rajungan. Cangkang rajungan ini dapat dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak, tetapi pemanfaatan ini belum dapat mengatasi limbah cangkang rajungan secara maksimal. Padahal limbah cangkang rajungan masih mengandung senyawa kimia cukup banyak, diantaranya ialah protein 30 – 40 %; mineral ( $\text{CaCO}_3$ ) 30 – 50 %; dan khitin 20 – 30 % (Srijanto, 2003).

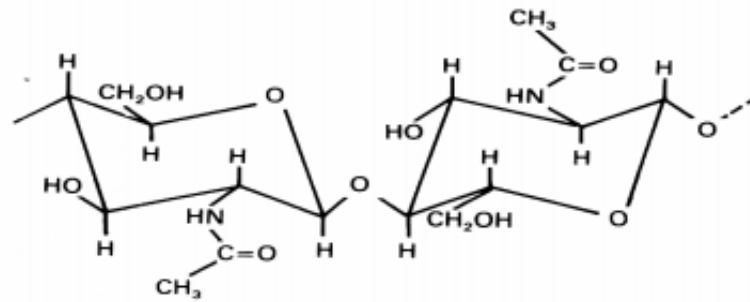
Kitosan murni mengandung gugus amino ( $\text{NH}_2$ ), sedangkan kitin murni mengandung gugus asetamida ( $\text{NH-COCH}_3$ ). Perbedaan gugus ini akan mempengaruhi sifat-sifat kimia kitin dan kitosan. Sebenarnya kitin dan kitosan yang diproduksi secara komersial memiliki kedua gugus asetamido dan gugus amino pada rantai polimernya, dengan beragam komposisi gugus tersebut. Kitosan merupakan senyawa yang tidak larut dalam air, larutan basa kuat, sedikit larut dalam  $\text{HCl}$  dan  $\text{HNO}_3$ , dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , dan tidak larut dalam  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Kitosan tidak beracun, mudah mengalami biodegradasi dan bersifat polielektrolitik. Disamping itu kitosan dapat dengan mudah berinteraksi dengan zat-zat organik lainnya seperti protein. (Robert, 1992).

Mengolah cangkang menjadi kitosan dapat dilakukan melalui tiga proses yaitu deproteinasi yang bertujuan untuk menghilangkan sisa protein dari daging kerang, demineralisasi untuk mengurangi kadar mineral ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan menggunakan asam konsentrasi rendah untuk mendapatkan kitin. Selanjutnya deasetilasi untuk menghilangkan gugus asetil dari kitin melalui pemanasan dalam larutan alkali kuat dengan konsentrasi tinggi (Yunizal et al., 2001)



Gambar 2. 1 Struktur Kimia Kitosan (Robert, 1992)

Kitin merupakan zat padat yang tak berbentuk (amorphous), tak larut dalam air, asam anorganik encer, alkali encer dan pekat, alkohol, dan pelarut organik lainnya tetapi larut dalam asam-asam mineral yang pekat. Kitin kurang larut dibandingkan dengan selulosa dan merupakan N-glukosamin yang terdeasetilasi sedikit, sedangkan kitosan adalah kitin yang terdeasetilasi sebanyak mungkin (Roberts, 1992).



Gambar 2. 2 Struktur Kimia Kitin (Roberts, 1992)

Kitosan juga dapat berfungsi sebagai pengkelat logam-logam berat seperti Fe, Cu, Cd, Ag, Pb, Cr, Ni, Mn, Pb, Zn, dan bahan-bahan radioaktif seperti uranium. Kitosan merupakan biopolimer alam yang bersifat polielektrolit kationik yang berpotensi tinggi untuk penyerapan logam dengan mudah terbiodegradasi serta tidak beracun (Firdaus, 2008).

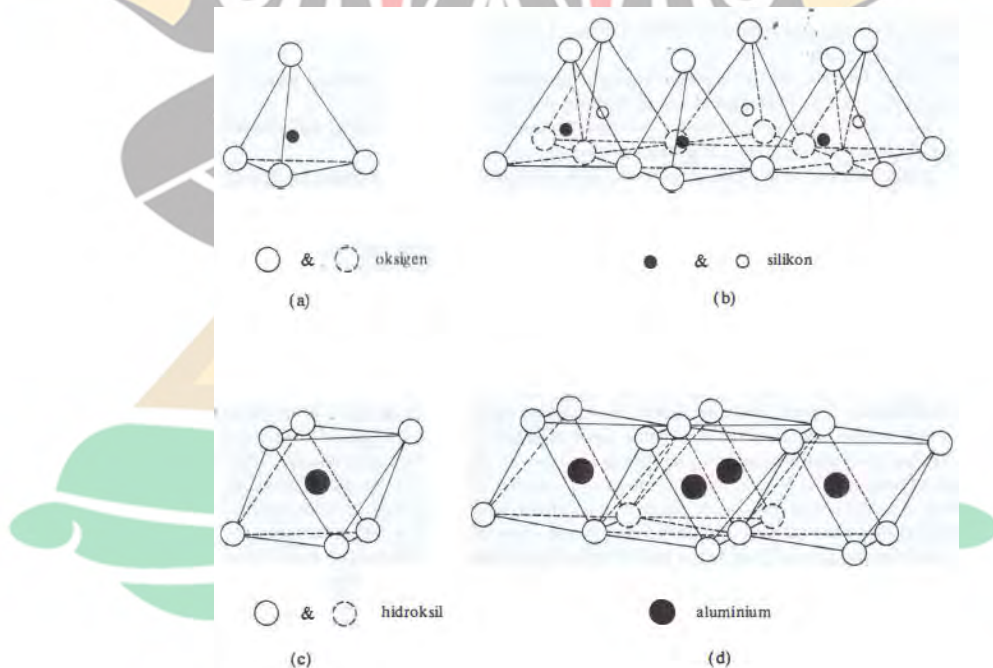
## 2.4 Lempung

Lempung (*clay*) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air dan memiliki sifat elastis yang kuat. Lempung juga menyusut saat kering dan memuai saat basah (Wiqoyah, 2007).

Lempung diklasifikasikan berdasarkan kandungan mineralnya yaitu (a) Montmorilonit; Montmorilonit adalah nama yang diberikan untuk suatu mineral lempung yang dijumpai di Montmorillon dengan rumus umum  $(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  dimana  $n\text{H}_2\text{O}$  adalah air yang berada diantara lapisan dengan satuan 1 : 2. Ikatan antara lapisan terutama diakibatkan oleh gaya Van der Waals, oleh karena itu sangat lemah jika dibandingkan dengan ikatan hidrogen atau ikatan ion. (b) Kaolinit; Satuan struktur kaolinit terdiri dari lapisan tetrahedral silika yang berganti-ganti dengan satuan oktahedral alumina dengan tipe kisi 1 : 1, rumus umum yaitu  $(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20}$ . Mineral lain dari kaolinit adalah haloisit, dan (c) Illit. Illit merupakan kelompok lempung yang pertama kali

dijumpai di Illinois yang memiliki rumus molekul  $(OH)_4Ky(Si_{8-y}Al_y)(Al_4Mg_6Fe_4Fe_6)O_{20}$  dengan  $y$  bernilai antara 1 dan 1,5. Mineral lempung illit terdiri dari lapisan aluminium oktahedral yang terletak diantara dua lapisan silika tetrahedral (Auliah,2009).

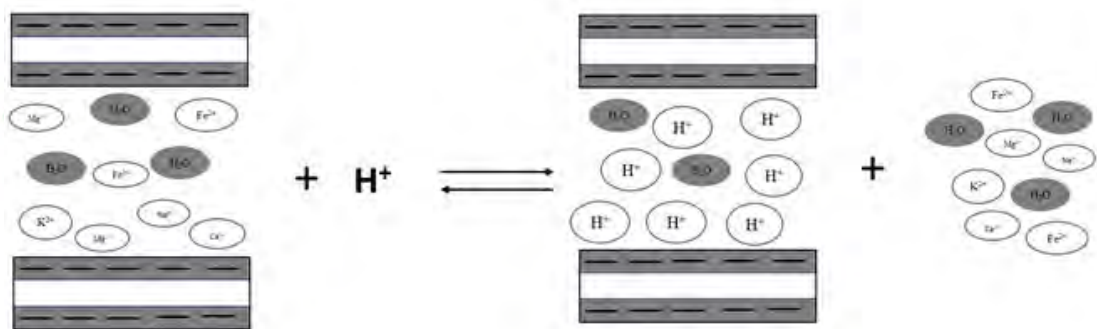
Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu ( 1 ) silika tetrahedra dan (2) aluminium oktahedra. Setiap unit tetrahedra (bersisi empat) terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silikon (Gambar 2.a). Kombinasi dari unit-unit silika tetrahedra tersebut membentuk lembaran silika (silica sheet, Gambar 2.b). Tiga atom oksigen pada dasar setiap tetrahedra tersebut dipakai bersama oleh tetrahedra-tetrahedra yang bersamaan. Unit-unit oktahedra ( bersisi delapan) terdiri dari enam gugus ion hidroksil (OH) yang mengelilingi sebuah atom aluminium (Gambar 2.c), dan kombinasi dari unit-unit hidroksi aluminium berbentuk oktahedra itu membentuk lembaran oktahedra. (Lembaran ini disebut juga lembaran gibbsite -Gambar 2.d). Kadang-kadang atom magnesium menggantikan kedudukan atom aluminium pada unit-unit oktahedra bila demikian adanya, lembaran oktahedra tersebut disebut lembaran brucite (Das, 1995).



Gambar 2. 3 (a) Silika tetahedra; (b) lembaran silikaa; (c) aluminium oktahedra; (d) lembaran oktahedra(gibbsite) (Das, 1995).

## 2.5 Aktivasi

Aktivasi pada lempung merupakan proses meningkatkan potensi lempung sebagai adsorben dengan cara melarutkan pengotor-pengotor atau senyawa-senyawa yang dapat menutupi pori lempung sehingga meningkatkan karakteristik dan kemampuan adsorben lempung. Situs aktif juga akan mengalami peningkatan karena situs aktif yang sebelumnya tertutup menjadi terbuka. Montmorilonit diketahui 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 montmorillonit 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 montmorillonit dengan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) dari larutan asam (Sadiana, 2018). Dari hasil penelitian diketahui bahwa permukaan dan ruang *interlayer* lempung dapat dimodifikasi. Ruang *interlayer* dari montmorillonit dapat disisipkan dengan kation melalui pertukaran ion atau interaksi fisik dan kimia lainnya (Liao, 2015). Adapun lempung tersebut digunakan untuk nanokomposit polimer adalah dengan proses aktivasi lempung terlebih dahulu sehingga pengotor pada *interlayer* lempung menghilang dan sebagai tempat kitosan untuk menyisip ke dalam *interlayer* lempung tersebut.



Gambar 2. 4 Ilustrasi Pertukaran Kation pada Ruang Antar Lapis Mineral Montmorilonit Penyusun Lempung (Sadiana, 2018)

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. 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 (Sasria dkk, 2013).

## 2.6 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan kedalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar daripada atau zat terlarut dalam larutan. Adsorpsi dapat terjadi antar fasa padat-cair, padat-gas, atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian antar muka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben. Pada adsorpsi, interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Atkins, 1999).

Ada dua metode adsorpsi, yaitu adsorpsi secara fisik (fisisorpsi) dan adsorpsi secara kimia (kimisorpsi). Kedua metode ini dapat dijelaskan melalui teori isotermal Freundlich dan isotermal Langmuir. Isotermal Freundlich merupakan proses adsorpsi yang terjadi secara fisisorpsi banyak lapisan. Fisisorpsi adalah adsorpsi yang hanya melibatkan gaya inter molekuler (ikatan van der Waals) dan ikatannya lemah karena tidak ada transfer elektron. 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).

$$q_e = K_F C_e^{1/n}$$

(2.1)

$$\log q_e = \text{Log } K_F + 1/n \log C_e$$

(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).

Isotermal Langmuir merupakan proses adsorpsi yang berlangsung secara kimisorpsi satu lapisan. Kimisorpsi adalah adsorpsi yang terjadi melalui ikatan kimia yang sangat kuat antara sisi aktif permukaan dengan molekul adsorbat karena dipengaruhi oleh transfer elektron antara adsorbat dan adsorben. Adsorpsi satu lapisan terjadi karena permukaan adsorben mampu mengikat adsorbat dengan ikatan kimia. 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).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_a q_m} + \frac{1}{q_m} C_e$$

(2.3)

Dimana  $C_e$  merupakan konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan adsorpsi,  $q_e$  adalah jumlah adsorbat yang terserap 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

$$E_{ads} = \Delta G^\circ = RT \ln K$$

(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).

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

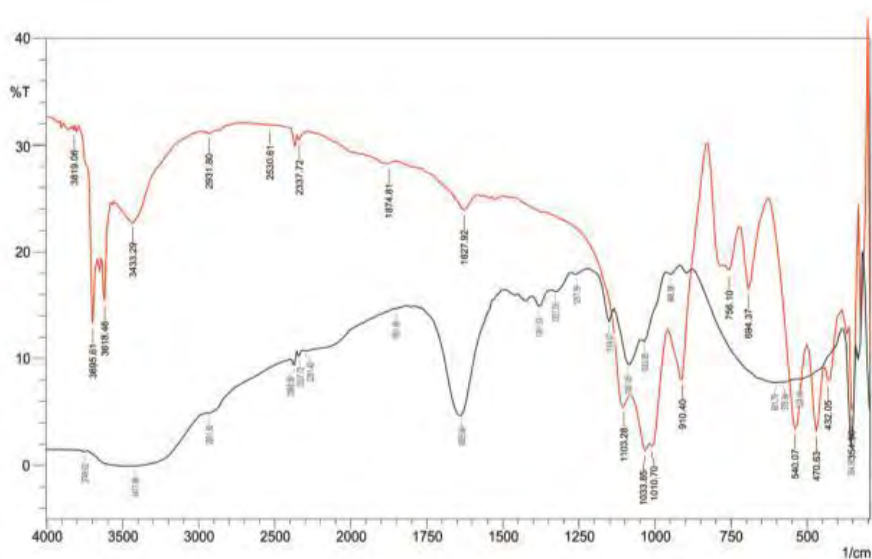
## 2.7 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR merupakan singkatan dari *Fourier Transform Infra Red*. Dimana FTIR ini adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari absorbansi, emisi, fotokonduktivitas atau Raman Scattering dari sampel padat, cair, dan gas. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. FTIR juga digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Hindrayawati, 2010).

Molekul yang menyerap radiasi gelombang elektromagnetik IR dalam keadaan vibrasi tereksitasi akan mengalami kenaikan amplitude getaran atom-atom yang terikat. Apabila molekul kembali ke keadaan dasar maka, energi yang terserap akan dibuang dalam keadaan panas. Penyerapan radiasi infrared tergantung dari tipe ikatan suatu molekul. Apabila tipe ikatan yang dimiliki suatu molekul berbeda-beda atau berlainan maka penyerapan radiasi infrared pada panjang gelombang yang berlainan (Supratman, 2006).

Prinsip kerja ftir secara umum , interferometer dapat mengubah cahaya IR yang polikromatik menghasilkan beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram. Gelombang tersebut dilewatkan pada sampel dan ditangkap oleh detektor yang terhubung ke komputer sehingga menghasilkan gambaran spektrum yang diuji. Prinsip dari interferometer yaitu cahaya yang jatuh pada pemisah berkas(*beam splitter*) akan ditransmisikan sebagian gelombang menuju cermin M1 dan sebagian dipantulkan menuju cermin M2. Kedua berkas terhubung kembali di *beam splitter* kemudian dipancarkan ke sampel dan diterima oleh detektor (Sabrina, 2011)

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)



Gambar 2. 5 Spektrum FTIR dari Kitosan-Kaolin dan kitosan

Gambar 2.5 menunjukkan serapan yang khas, diantaranya pada bilangan gelombang 3100-3700  $\text{cm}^{-1}$  dan 1600-1700  $\text{cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang 3695,61  $\text{cm}^{-1}$  dan 3618,46  $\text{cm}^{-1}$  muncul serapan baru yang diindikasikan sebagai vibrasi ulur N-H. Gugus tersebut berasal dari struktur kitosan, berarti secara kualitatif kitosan telah berinteraksi dengan kaolin (Ngah, dkk., 2008). Serapan karakteristik dari kitosan terdapat pada bilangan gelombang 3417,86  $\text{cm}^{-1}$  dan pada kitosan-kaolin di bilangan gelombang 3433,29  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan hidrogen dari gugus -OH yang tumpang tindih dengan rentangan -NH. Salah satu interaksi kimia yang dapat terjadi antara senyawa organik dan kaolin yaitu ikatan hidrogen (Paiva, dkk., 2008). Terlihat pula pada bilangan gelombang 1635,64  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan penurunan bilangan gelombang pada kitosan-kaolin yang berada pada 1627,92  $\text{cm}^{-1}$  yang mengakibatkan serapan semakin lemah dan ini menandakan deasetilasi semakin sempurna dan menunjukkan kualitas adsorben yang baik.

Tabel 2. 1 Interpretasi Gugus Fungsi Spektrum IR Kitosan dan Kitosan-Kaolin (Nucifera, 2016)

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )		Gugus Fungsional
Kitosan	Kitosan – Lempung	
3749,62	3695,61- 3618,46	N-H,OH ulur

3417,86	3433,29	O-H ulur
2931,80	2931,80	-CH <sub>2</sub> , -CH <sub>3</sub> ulur
1635,64	1627,92	N-H tekuk
1103,28	1087,85	C-O (C-O-C) ulur
1033,85	1033,85	C-O-C ulur
	1010,70	Si-O ulur
948,98	910,40	Si-O
	756,10	Si-O kuarsa
	694,37	Si-O ulur
524,64	540,07	Si-O-Al ulur
	470,63	Si-O-Si tekuk

## 2.8 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. 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

$$S = \frac{X_m L_{av} A_m}{M_v} \quad (2.5)$$

S yaitu luas permukaan total,  $X_m$  yaitu kapasitas monolayer yang dapat diperoleh melalui persamaan 2.5,  $L_{av}$  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.

$$X_m = \frac{1}{s+1}$$

(2.6)

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

## 2.9 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) merupakan metode analisis yang digunakan untuk menghitung kuantitas dari unsur-unsur logam dan *metalloid* berdasarkan pada penyerapan absorbansi radiasi oleh atom bebas pada fase gas. Prinsip kerja Spektrofotometer (AAS) pada dasarnya merupakan penyerapan sinar dengan panjang gelombang tertentu oleh atom-atom yang dibebaskan oleh nyala. Secara rinci prosesnya dimulai dari sampel yang akan dianalisis berupa cairan, sampel kemudian dihisap ke dalam ruang pengabutan (*nebulizer*) untuk diubah menjadi partikel-partikel kecil (*aerosol*) dengan menggunakan udara bertekanan yang dialirkan dari kompresor. Partikel kemudian

dipecah lagi menggunakan baling- baling (*flow spoiler*) untuk menghasilkan partikel yang lebih kecil dan halus, sedangkan partikel yang ukurannya besar akan dikeluarkan melalui pembuangan (*drain*). Partikel yang dilewatkan akan dicampur dengan gas pengoksidasi (udara) dan bahan bakar (gas asetilen).

Partikel yang telah bercampur dengan gas pengoksidasi dan bahan bakar kemudian dilewatkan melalui kapiler menuju nyala. Begitu sampai di nyala partikel tersebut akan dibakar pada tungku pembakaran, dengan tujuan untuk memecah partikel menjadi atom-atom berbentuk gas. Partikel yang telah dijadikan atom tersebut kemudian akan disinari dengan panjang gelombang tertentu sesuai dengan unsur yang berasal dari lampu katoda berongga. Saat atom-atom tersebut disinari, sebagian sinar akan ditransmisikan dan sebagian lagi akan diserap oleh atom, atom yang menyerap sinar tersebut elektronnya akan tereksitasi untuk beberapa saat, setelah itu elektron tersebut akan kembali ke tingkat energi dasar (*Ground State*) sambil melepaskan energi. Sinar yang diteruskan setelah melewati nyala akan dilewatkan pada celah (*slit*) untuk meluruskan sinar yang datang menuju monokromator. Monokromator disini berfungsi sebagai isolasi untuk panjang gelombang yang tidak sesuai dengan panjang gelombang unsur pada sampel. Sinar yang keluar dari monokromator lalu ditangkap oleh detektor, setelah itu sinar dengan panjang gelombang sesuai unsur diubah menjadi sinyal listrik yang akan dibaca oleh perangkat komputer. Perangkat komputer membaca sinyal listrik bukan sebagai sinar yang teruskan (ditransmisikan) melainkan sebagai nilai absorbansi dari atom. Begitulah proses yang terjadi di dalam spektrofotometer (AAS), sehingga nilai yang terbaca merupakan nilai absorbansi dari unsur dalam sampel, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut (Salam, dkk,2013).

Kandungan logam yang teradsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$qe = \frac{(Co-ce)}{w} \times V$$

(2.7)

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{(Co-ce)}{Co} \times 100\%$$

(2.8)

dengan  $q_e$  adalah kapasitas adsorpsi (mg/g),  $C_0$  adalah konsentrasi awal logam (mg/L),  $C_e$  adalah konsentrasi akhir logam (mg/L),  $W$  adalah massa adsorben (g) dan  $V$  adalah volume larutan logam (L) (Nurdiani, 2005).



Gambar 2. 6 Prinsip Kerja Spektrofotometer (AAS) (Salam, dkk,2013).

Pada penelitian Patandean pada tahun 2021 mengenai “Adsorpsi Ion Logam  $Co^{2+}$  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 mg/L, 15 mg/L, dan 30 mg/L pada variasi waktu kontak 5, 15, dan 30 menit. Berikut adalah hasil analisis variasi konsentrasi:

Tabel 2. 2 Daya Serap Ion  $Co^{2+}$  pada Adsorben

Pb (mg/L)	Waktu Kontak (menit)	Ce (mg/L)	V (L)	W (gr)	$q_e$ (mg/L)
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

mg/L, yang paling banyak mengadsorpsi ion logam  $\text{Co}^{2+}$  adalah pada konsentrasi 30 mg/L dengan waktu kontak 30 menit dimana massa  $\text{Co}^{2+}$  yang teradsorpsi adalah sebesar 4,71 mg/L (Patandean, 2021).

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan ini;

Tabel 2. 3 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	Wang, 2014	<p>Metode : Kitosan sebanyak 0,5 g dilarutkan dalam 50 ml asam asetat 5% dan di stirrer pada temperatur 60°C selama 3 jam, kemudian didinginkan hingga temperatur 30°C. Dilakukan pencampuran kitosan - montmorillonit rasio perbandingan kitosan : montmorillonit = 1; 0,5; 0,25; 0,1; 0,05 dan diaduk selama 24 jam. Adsorben di oven pada temperatur 70°C. Setelah kering, adsorben di haluskan dan di ayak hingga 100 mesh dan terakhir dilakukan proses adsorpsi dalam larutan ion <math>\text{Pb}^{2+}</math>.</p> <p>Hasil : Penyerapan optimum terjadi pada sampel 0,25 dengan kapasitas adsorpsi 150 mg/g.</p>
2.	Nucifera, 2016	<p>Metode : mencuci adsorben kitosan dan kaolin secara terpisah menggunakan akuademineralisasi hingga mencapai pH pencuci, kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 100°C selama 24 jam lalu di ayak menggunakan ayakan 100 mesh.</p>



Kitosan dan kaolin dibuat dengan memvariasikan massanya yaitu dengan perbandingan (Kitosan:Kaolin) yaitu 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 dengan total massa dari kedua adsorben yaitu 30 gram. Kitosan dilarutkan menggunakan asam asetat 1% (per 1 gram) lalu dicampurkan kaolin. Campuran diaduk menggunakan pengaduk selama 2 jam kemudian disaring. Kitosan-kaolin yang dihasilkan dicuci dengan akuademineralisasi hingga bebas dari suasana asam dan dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 50 °C selama 24 jam. Kitosan-kaolin yang telah kering kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Kitosan-kaolin dengan massa optimum direndam menggunakan larutan ninhidrin 0,02% yang berfungsi sebagai agen pengikat silang (*crosslink agent*) selama 24 jam kemudian dicuci berulang-ulang dengan aquades dan dikeringkan dalam suhu selama 24 jam kemudian dianalisis menggunakan FTIR. Terakhir diuji adsorpsi adsorben kitosan-kaolin terhadap ion logam Cu(II).

Hasil : semakin banyak kaolin yang digunakan maka semakin besar kestabilan dari adsorben.