

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan tinjauan pustaka dari penelitian ini, diantaranya adalah Timbal, lempung, aktivasi, kitosan, *absorpsi* dan beberapa pengujian seperti *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Brunauer Emmett Teller* (BET) serta *Atomic Adsorption Spectrophotometry* (AAS) pada penelitian yang berjudul “Analisis Adsorpsi Ion Logam Pb²⁺ Menggunakan Adsorben Kitosan Terimmobilisasi Lempung Dari Daerah Kampus Institut Teknologi Kalimantan”.

2.1 Timbal

Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai densitas lebih besar dari 5 gr/cm³. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat terbagi ke dalam dua jenis yaitu: pertama logam berat esensial dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh setiap organisme hidup, seperti antara lain Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain-lain. Kedua logam berat tidak esensial atau beracun, dimana keberadaan dalam tubuh organisme hidup hingga saat ini masih belum diketahui manfaatnya bahkan justru dapat bersifat racun, seperti misalnya; Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain.

Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat (Sutamihardja dkk, 1982) yaitu:

1. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan).
2. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut.
3. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah

tersuspensi karena pergerakan massa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

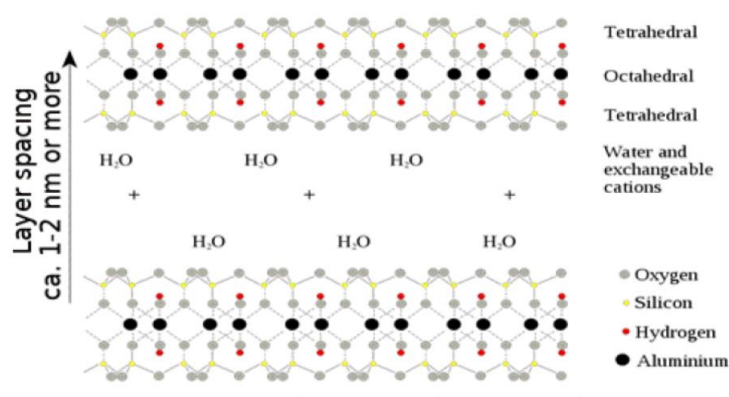
Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit. Jumlah timbal yang terdapat di seluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002 % dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi. Selain dalam bentuk logam murni, timbal dapat ditemukan dalam bentuk senyawa inorganik dan organik. Semua bentuk timbal (Pb) tersebut berpengaruh sama terhadap toksisitas pada manusia. Timbal (Pb) merupakan suatu logam berat yang lunak berwarna kelabu kebiruan dengan titik leleh 327 °C dan titik didih 1.620 °C. Pada suhu 550– 600°C timbal menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal oksida. Walaupun bersifat lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah timbal (II) dan senyawa organometalik yang terpenting adalah timbal tetra etil (TEL: *tetra ethyl lead*), timbal tetra metil (TML: *tetra methyl lead*) dan timbal stearate (Jenny, 2015). Timbal atau timah hitam atau Plumbum (Pb) adalah salah satu bahan pencemar utama saat ini di lingkungan, hal ini bisa terjadi karena sumber utama pencemaran timbal adalah dari emisi gas buang kendaraan bermotor selain itu timbal juga terdapat dalam limbah cair industri yang pada proses produksinya menggunakan timbal, seperti industri pembuatan baterai, industri cat, dan industri keramik. Timbal digunakan sebagai aditif pada bahan bakar, khususnya bensin di mana bahan ini dapat memperbaiki mutu bakar. Bahan ini sebagai anti *knocking* (anti letup), pencegah korosi, anti oksidan, diaktifator logam, anti pengembunan dan zat pewarna (Palar, 2008).

2.2 Lempung

Lempung merupakan mineral alam yang keberadaannya cukup berlimpah, tetapi pemanfaatannya belum optimal. Manfaat lempung secara umum antara lain sebagai bahan dasar pembuatan keramik, genteng dan batu bata, serta bahan pengisi pelapis kertas, cat dan karet. Lempung merupakan bahan alam yang

mengandung banyak bahan anorganik, yang berisi kumpulan mineral-mineral. Sistem lempung terdiri dari dua bagian yang berbeda, (1) misel yang relatif besar dan tidak larut (lapisan alumina silikat) dan (2) kumpulan kation-kation yang tidak kuat terikat seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} . Mineral lempung terdiri dari silika dan alumina yang tersusun berlapis-lapis membentuk suatu struktur. Pembentukan kerangka struktur molekuler dari penggabungan molekul – molekul tetrahedral membentuk celah dan saluran yang teratur sehingga menyebabkan adanya struktur berpori. Celah dan saluran dalam struktur memungkinkan suatu molekul yang melewatinya dapat terperangkap di dalamnya. Struktur dan sifat ini yang menjadikan mineral lempung dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam berbahaya, penyaring molekul dan sebagai penukar ion. Secara alami lempung telah berperan dalam mengikat polutan-polutan yang ada di air. Peran tersebut terjadi melalui peristiwa adsorpsi atau pertukaran ion (Bhattacharyya, 2007).

Berdasarkan kandungan mineralnya, lempung bentonit dapat dibedakan menjadi smektit (montmorillonit), kaolinit, haloisit, klorit dan ilit. Montmorillonit merupakan mineral yang mempunyai spesies silikat alumina terhidrat dengan sedikit tersubstitusi dan merupakan mineral utama (persentase tertinggi) penyusun lempung bentonit. Jenis mineral tersebut (Montmorillonit) adalah jenis lempung yang paling banyak dimanfaatkan. Setiap struktur kristal lempung montmorillonit memiliki tiga lapisan yaitu lapisan oktahedral dari aluminium lapisan tetrahedral dari silikon dan oksigen.

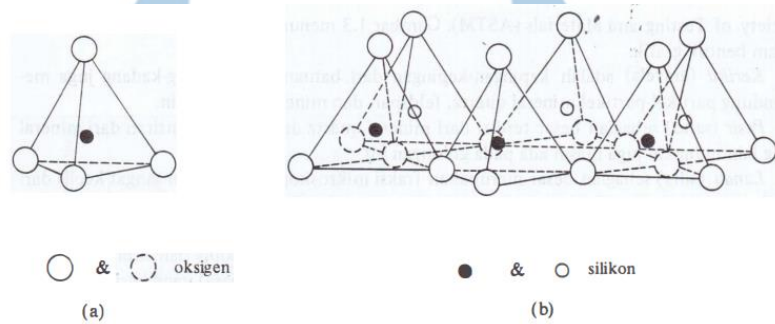


Gambar 2. 1 Struktur Montmorillonit (Sumayya,2017).

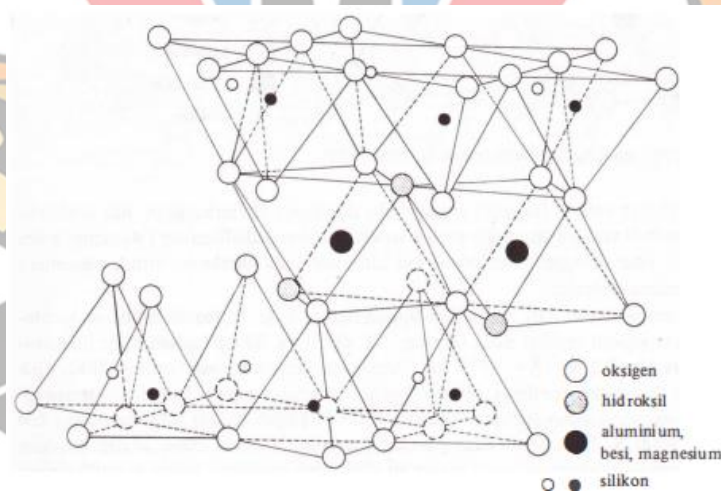
Montmorillonit merupakan mineral yang memiliki sifat mudah mengembang, luas permukaan yang cukup besar dan memiliki kation yang dapat

dipertukarkan. Sifat-sifat tersebut menjadikan lempung cocok dimanfaatkan sebagai adsorben. Oleh karena itu untuk meningkatkan potensi lempung sebagai adsorben perlu dilakukan proses aktivasi.

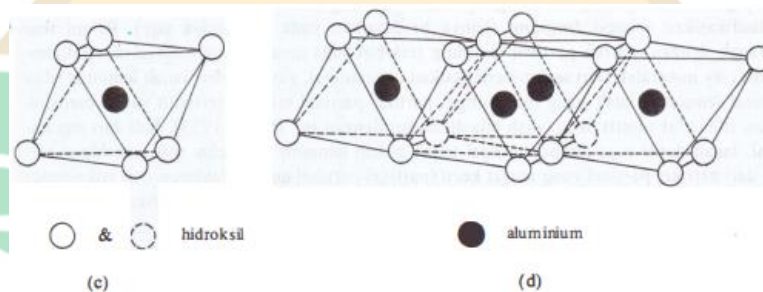
Berdasarkan struktur mineralnya, permukaan lempung dibagi menjadi tiga golongan yaitu :



Gambar 2. 2 Struktur Mineral Lempung; (a) Silika Tetrahedral, (b) Lembaran Silika (Endah, 1995)



Gambar 2.3 Struktur Mineral Lempung dengan ikatan O-Al-OH (Endah, 1995)



Gambar 2.4 Struktur Mineral Lempung; (c) Aluminium Oktahedral, (d) Lembaran Alumina (Endah, 1995)

Meskipun lempung sangat berguna untuk adsorpsi, namun kemampuan adsorpsinya terbatas. Lempung adalah salah satu adsorben yang baik namun perlu diaktifkan terlebih dahulu untuk meningkatkan daya serapnya yakni dengan pemanasan dan kontak asam. Aktivasi lempung menggunakan asam akan menghasilkan bentonit dengan situs aktif lebih besar dan keasaman permukaan yang lebih besar, sehingga akan dihasilkan bentonit dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan sebelum diaktivasi (Sumayya,2017).

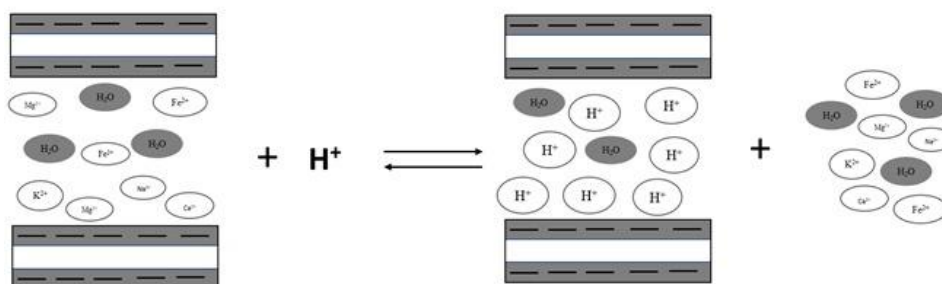
2.3 Aktivasi

Proses aktivasi lempung dikelompokkan ke dalam 2 cara, yaitu aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika. Aktivasi secara kimia bertujuan untuk membersihkan dan memperluas permukaan pori, membuang senyawa pengotor. Prinsip dari aktivasi kimia adalah penambahan pereaksi yang termasuk kedalam golongan larutan asam, agar didapatkan pori-pori lempung yang bersih (aktif). Sedangkan tujuan dari aktivasi Fisika adalah untuk menguapkan air yang berada dalam pori-pori kristal lempung sehingga jumlah pori-pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah dengan proses pemanasan 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. 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 KMnO_4 digunakan sebagai oksidator kuat yang bekerja baik untuk mengoksidasi senyawa-senyawa organik. Senyawa H_2SO_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 HCl juga digunakan sebagai pemberi suasana asam kuat untuk mengikat sejumlah molekul air yang tersisa (Sasria, 2013).

Proses aktivasi dapat melarutkan pengotor-pengotor atau senyawa-senyawa yang dapat menutupi pori lempung sehingga meningkatkan karakteristik dan kemampuan adsorpsi lempung. Hal ini dibuktikan dengan penelitian Nufida

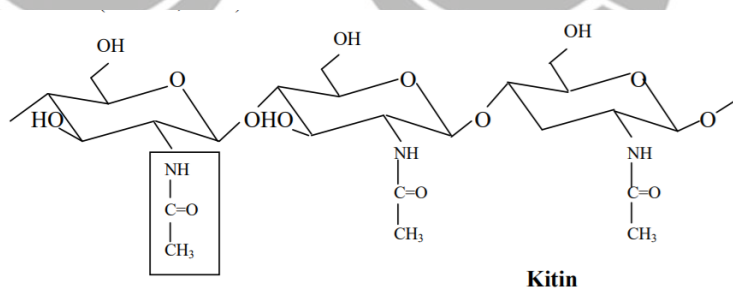
(2014) aktivasi meningkatkan luas permukaan sebesar 0,1 m²/gram, penelitian Widjonarko (2003) meningkatkan luas permukaan sebesar 0,97%.



Gambar 2.4 Ilustrasi Pertukaran Kation pada Ruang Antar Lapis Mineral Monmorilonit Penyusun Lempung (Sadiana, 2018)

2.4 Kitosan

Kitosan merupakan senyawa turunan kitin yang pertama kali ditemukan oleh C. Kitin merupakan polimer linear N-asetil D-glukosamin yang berlimpah di alam setelah selulosa. Kitin dan turunannya adalah senyawa golongan karbohidrat yang banyak dihasilkan dari limbah hasil laut khususnya udang, rajungan, ketam, dan kerang (Focher dkk., 1992). Kitin berbentuk kristal warna putih, tidak larut dalam air, alkohol, asam atau basa encer dan pelarut-pelarut organik lainnya. Namun senyawa tersebut dapat larut dalam HCl pekat, H₂SO₄, asam fosfat 78-79% atau asam formiat anhidrida (Angka dan Suhartono, 2000).

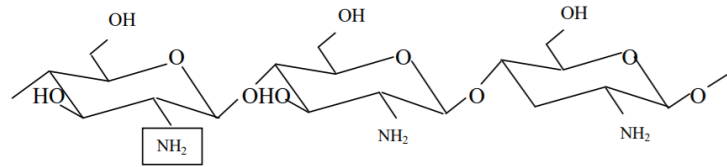


Gambar 2. 5 Stuktur Kimia Kitin (Robert,1992)

Kualitas dan penggunaan produk kitosan terutama ditentukan dari seberapa besar derajat deasetilasinya. Derajat deasetilasi pada pembuatan kitosan bervariasi tergantung pada bahan dasar dan kondisi proses seperti konsentrasi larutan alkali, suhu, dan waktu. Kitin biasanya mempunyai derajat deasetilasi kurang dari 10 %. Secara umum derajat deasetilasi untuk khitosan sekitar 60%

dan sekitar 90-100 % untuk kitosan yang mengalami deasetilasi penuh (Suhardi, 1992).

www.itk.ac.id



Kitosan

Gambar 2. 6 Struktur Kimia Kitosan (Robert,1992)

Isolasi kitosan dari cangkang rajungan melibatkan 3 tahapan, yaitu tahap deproteinasi, tahap demineralisasi, dan tahap deasetilasi. Deproteinasi merupakan suatu tahap dalam penghilangan protein yang dilakukan dengan cara menambahkan NaOH encer. Demineralisasi adalah tahap penghilangan mineral yang terkandung dalam cangkang rajungan dengan penambahan larutan HCl dengan konsentrasi rendah. Proses deasetilasi dilakukan dengan jalan mereaksikan hasil demineralisasi dengan basa kuat NaOH 50%, yang bertujuan untuk memutuskan ikatan antara gugus asetil dengan nitrogen, sehingga menjadi gugus amina yang terdapat pada kitosan.

Kitosan memiliki dua gugus aktif yaitu $-NH_2$ dan $-OH$ pada pH tertentu kedua gugus aktif ini dapat saja mengalami protonasi ataupun deprotonasi yang mestinya akan menghasilkan muatan permukaan yang berbeda. Kitosan mempunyai gugus amina yang bermuatan positif, yang dapat mengikat muatan negatif dari senyawa lain, merupakan polimer poliamin berbentuk linear, mempunyai gugus amino aktif, mempunyai kemampuan mengkhelat beberapa logam, serta mudah mengalami degradasi secara biologis dan tidak beracun (Angka dan Suhartono, 2000).

2.5 Adsorpsi

Metode adsorpsi sangat efektif untuk limbah dengan konsentrasi polutan yang rendah sampai sedang. Adsorpsi adalah proses pemusatan molekul atau ion adsorbat pada lapisan permukaan adsorben, baik secara fisika atau kimia. Dengan

www.itk.ac.id

demikian adsorben harus mempunyai sifat-sifat permukaan yang khas sesuai dengan jenis adsorbat yang teradsorpsi (Bhattacharyya and Gupta, 2007).

Proses adsorpsi merupakan proses yang kompleks, sering terdiri sejumlah reaksi pertukaran ion sederhana dengan beberapa mineral. Beberapa faktor seperti pH, sifat dan konsentrasi substrat dan ion teradsorpsi, kekuatan ion dan kehadiran ion pengompleks merupakan faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Proses adsorpsi berlangsung dalam tiga tahap yaitu, pergerakan molekul – molekul adsorbat menuju permukaan adsorben, penyebaran molekul – molekul adsorbat kedalam rongga – rongga adsorben dan penarikan molekul – molekul adsorbat oleh permukaan aktif membentuk ikatan yang berlangsung sangat cepat (*sorpsi*) (Metcalf and Eddy, 1979).

Pada dasarnya, suatu adsorben harus memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, yaitu memiliki pori-pori berdiameter kecil agar proses retensi partikel adsorbat oleh adsorben berlangsung lebih efektif. Secara spesifik, ukuran pori juga menentukan adsorpsi suatu senyawa tertentu dalam larutan, Jika ukuran pori adsorben semakin kecil maka kemampuan adsorpsinya semakin besar, dengan anggapan bahwa komponen yang teradsorpsi dapat memasuki rongga porinya. Jumlah adsorben yang makin banyak akan memberikan luas permukaan yang semakin besar bagi adsorbat untuk terdesorpsi. Selain itu makin banyak jumlah adsorben juga akan memberi kesempatan kontak yang makin besar dengan molekul - molekul adsorbat (Sadewo, 2010)

Ukuran partikel mempengaruhi kecepatan dimana adsorpsi terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan menurunnya ukuran partikel. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka semakin luas permukaannya. Kapasitas adsorpsi total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total adsorbennya. Adsorpsi paling kuat ketika ukuran pori-pori adsorben cukup besar sehingga memungkinkan molekul adsorbat untuk masuk (Sumayya,2017).

Adsorben atau zat pengadsorpsi adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada daerah tertentu di dalam partikel itu. Suatu adsorben dipandang sebagai suatu adsorben yang baik untuk adsorpsi dilihat dari sisi waktu. Lama operasi terbagi menjadi dua, yaitu waktu penyerapan hingga komposisi diinginkan dan waktu

regenerasi/pengeringan adsorben. Makin cepat kedua variabel tersebut, maka semakin baik unjuk kerja adsorben tersebut (Khairunisa, 2008).

Berdasarkan interaksi molekular antar permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi ini terjadi apabila suatu adsorbat dialirkan pada permukaan adsorben yang bersih. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lainnya, dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat yang satu dapat digantikan oleh adsorbat lainnya (*multilayer*). Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk adalah lapisan *monolayer*. Kedua metode ini dapat juga dapat dijelaskan melalui teori isotermaal Freundlich dan isotermaal Langmuir.

Persamaan isotermaal 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 :

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

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

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 isotermaal adsorpsi Langmuir menggambarkan hubungan antara konsentrasi zat terlarut dalam fasa cair dan fasa padat pada kondisi kesetimbangan, yang dapat dituliskan sebagai berikut (Wijayanti, 2009).

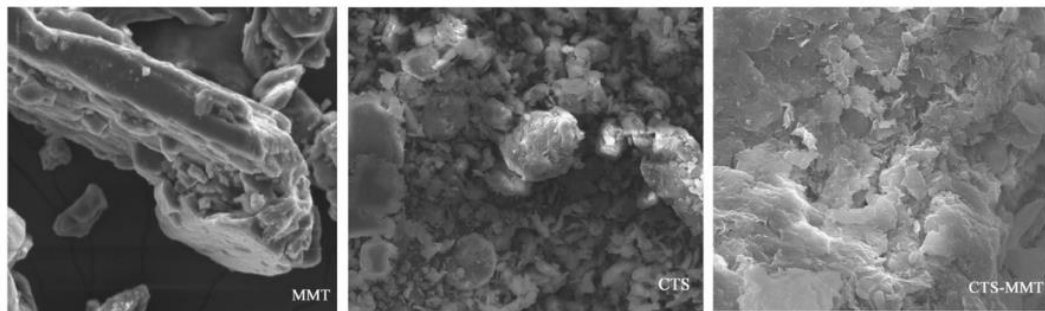
$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_a q_m} + \frac{1}{q_m} C_e \quad (2.3)$$

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).

2.6 Scanning Electron Microscope (SEM)

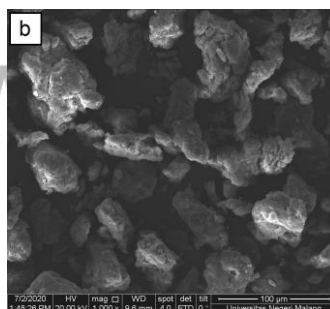
Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dengan resolusi tinggi. Analisis SEM bermanfaat untuk mengetahui mikrostruktur (termasuk porositas dan bentuk retakan) benda padat. Berkas sinar elektron dihasilkan dari filamen yang dipanaskan, disebut electron gun.

Cara kerja SEM adalah gelombang elektron yang dipancarkan electron gun terkondensasi di lensa kondensor dan terfokus sebagai titik yang jelas oleh lensa objektif. Scanning coil yang diberi energi menyediakan medan magnetik bagi sinar elektron. Berkas sinar elektron yang mengenai cuplikan menghasilkan elektron sekunder dan kemudian dikumpulkan oleh detektor sekunder atau detektor backscatter. Gambar yang dihasilkan terdiri dari ribuan titik berbagai intensitas di permukaan (Kroschwitz, 1990).



Gambar 2. 7 Pengujian SEM Montmorillonit, Kitosan, dan Kitosan-Montmorillonit (Wang, 2014)

Pada gambar 2.7 menunjukkan hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) montmorillonit, kitosan, dan kitosan-montmorillonit. Morfologi kitosan menunjukkan partikulat memiliki permukaan yang halus dan tidak beraturan. Dan montmorillonit menampilkan morfologi serpihan dengan berbagai ukuran. Sedangkan kitosan-montmorillonit menampilkan morfologi partikel yang tampak lebih besar berbentuk gel dengan serpihan kecil (Wang, 2014).



Gambar 2. 8 Gambar Pengujian SEM Kitosan Silika (Pawitra,2021)

Morfologi sampel adsorben kitosan-silika pada Gambar 2.8 memperlihatkan bahwa partikel-partikelnya tampak seperti butiran-butiran yang homogen. Butiran-butiran tersebut teraglomerasi dan membentuk kelompok partikel yang lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa kitosan dan silika telah berinteraksi satu sama lain (Pawitra,2021).

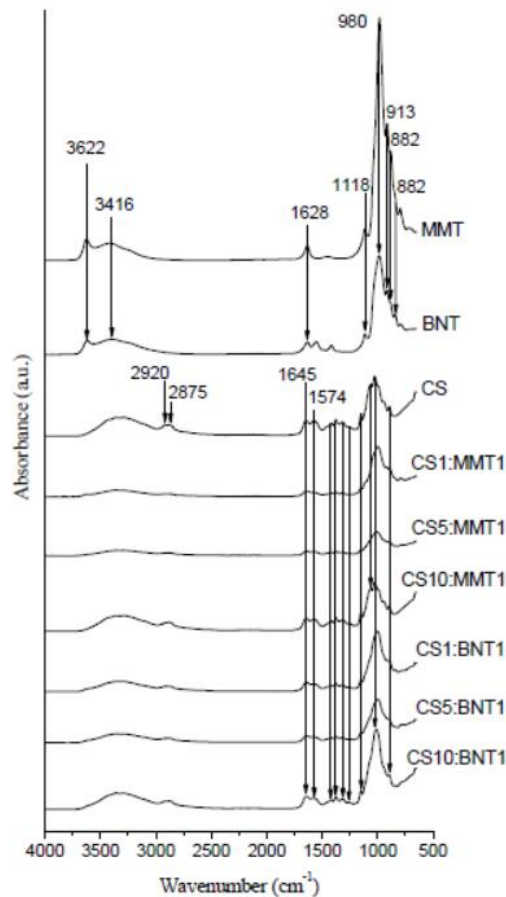
2.7 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

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 menganalisis senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Hindrayawati, 2010).

Prinsip kerja alat FTIR didasarkan pada besarnya frekuensi sinar infra merah yang diserap dengan tingkat energi tertentu. Apabila frekuensi tersebut diserap ketika melewati sebuah senyawa yang diselidiki, maka energi dari frekuensi tersebut akan di transfer ke senyawa tersebut. radiasi dari sinar infra merah dipecah oleh pencacah sinar menjadi dua bagian yang sama dengan arah yang saling tegak lurus. Kemudian kedua radiasi tersebut dipantulkan kembali ke dua cermin sehingga bertemu kembali di pencacah sinar untuk saling berinteraksi. Dari sini sebagian sinar diarahkan ke sampel menuju detektor, sedangkan sebagian dialihkan ke sumber gerak, maju mundur cermin akan menyebabkan sinar mencapai ke detektor berfluktuasi tetapi terkendali. Metode yang digunakan

www.itk.ac.id

untuk menentukan penyerapan pada spektrum inframerah adalah metode garis dasar (*base line*). Dengan metode ini, transmittan pada bilangan gelombang yang diinginkan ditentukan dengan membandingkan jarak antara dasar pita dan puncak pita pada bilangan gelombang yang diinginkan. Kelebihan utama FTIR dibandingkan metode konvensional lainnya yaitu, dapat digunakan pada semua jenis frekuensi dari sumber cahaya secara simultan sehingga analisis dapat dilakukan lebih cepat daripada menggunakan cara sekuensial atau *scanning*. Sensitivitas metode FTIR lebih besar dari pada cara dispersi, sebab radiasi yang masuk ke sistem detektor lebih banyak karena tanpa harus melalui celah (*slitless*) (Giwangkara, 2006). Berikut merupakan hasil pengujian FTIR pada kitosan dan lempung:



Gambar 2. 9 Spektrum FTIR Kitosan-Lempung (Suédina,2012)

Tabel 2. 1 Spektrum FTIR Kitosan-Lempung

<i>Sampel</i>	<i>IR band (cm⁻¹)</i>	<i>description</i>
<i>Clay</i>	3622	(O-H) for Al-OH dan Si-OH
	3416	(O-H) for H-O-H
	1628	(HOH) for H-O-H
	118 & 980	(Si-O) out of plane
	913	(AlAlOH)
	882	(AlFeOH)
	841	(AlMgOH)
<i>Chitosan</i>	3750-3000	(O-H) overlapped to the δ (N-H)
	2920	(C-H)
	2875	(C-H)
	1645	(-C=O) secondaryamid
	1574	(-C=O) protonated amine
	1426 & 1375	(C-H)
	1313	s(-CH ₃) tertiary amide
	1261	(C-O-H)
	1150, 1065, 1024	(C-O-C) and s(C-O-C)
890	(C-H)	

(Suédina,2012)

Spektrum FTIR menunjukkan semua puncak karakteristik yang diharapkan yang timbul dari keberadaan kitosan dan lempung yang dapat menjadi bukti terbentuknya komposit. Kitosan: gugus -OH pada panjang gelombang 3300 cm⁻¹, N-H pada panjang gelombang 3500 cm⁻¹, C = O pada panjang gelombang 1672 cm⁻¹, gugus C-H pada panjang gelombang 2800 cm⁻¹. Lempung: gugus -OH pada panjang gelombang 3430 cm⁻¹, gugus Si-O pada panjang gelombang 1060 cm⁻¹ dan gugus Al-O dan Si-O pada panjang gelombang 800 cm⁻¹. Gugus C-H alifatik pada panjang gelombang 2800 cm⁻¹ dan panjang gelombang 1025 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C-O. Fenomena ini menunjukkan bahwa terjadi reaksi pertukaran ion antara kitosan dan lempung dan akibatnya kitosan terdispersi ke dalam lapisan lempung (Rihayat, 2019).

2.8 Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS)

Metode *Atomic Adsorption Spectrophotometry* AAS menggunakan prinsip absorpsi cahaya oleh atom. Apabila suatu cahaya dilewatkan pada suatu sampel maka sebagian cahaya tersebut akan diserap. Panjang gelombang yang spesifik dapat dimiliki dalam penyerapan energi yang berlangsung untuk setiap logam dan

berdasarkan pada Hukum Lambert - Beer yaitu nilai serapan cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi larutan standar. Hukum ini berlaku untuk sinar monokromatik, yaitu cahaya yang memiliki pita panjang gelombang yang berdekatan. Aspek kuantitatif dari metode spektrofotometri dijelaskan dalam Hukum Lambert - Beer (Ramadhani, 2019).

Cara kerja Spektrofotometri Serapan Atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengadsorpsi 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 disebabkan oleh kecepatan analisis, ketelitian, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan. Kelebihan kedua adalah kemungkinannya untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runtu (Khopkar, 1990).

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

Co (mg/L)	Waktu Kontak (menit)	Ce (mg/L)	V (L)	W (gr)	qe (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 2.2 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 Co^{2+} adalah pada konsentrasi 30 mg/L dengan waktu kontak 30 menit dimana massa Co^{2+} yang teradsorpsi adalah sebesar 4,71 mg/L (Patandean, 2021).

Kandungan logam Co^{2+} yang teradsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$qe = \frac{(Co-Ce)}{w} V \quad (2.4)$$

Dimana:

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

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

$$\text{Daya Adsorpsi \%} = \frac{Co-Ce}{Co} \times 100\% \quad (2.5)$$

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

2.9 Brunauer Emmett Teller (BET)

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 2.1.

$$S = \frac{X_m L_{av} A_m}{M_p} \quad (2.6)$$

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 M_v yaitu volume molar gas ideal sebesar $22,4 \text{ liter/mol}$.

$$X_m = \frac{1}{s+i} \quad (2.7)$$

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).

2.10 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	Metode : Kitosan sebanyak 0,5 g dilarutkan dalam 50 ml asam asetat 5% dan distirrer 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 dioven pada

temperatur 70^oc. Setelah kering, adsorben dihaluskan dan diayak hingga 100 mesh dan terakhir dilakukan proses adsorpsi dalam larutan ion Co²⁺.

Hasil : Penyerapan optimum terjadi pada sampel 0,25 dengan kapasitas adsorpsi 150 mg/g.

2. Nucifera, 2016

Metode : Mencuci adsorben kitosan dan kaolin secara terpisah menggunakan akuamedemineralisasi hingga mencapai pH pencuci, kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan temperature 100^oc selama 24 jam lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh. 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 gram) lalu dicampurkan kaolin. Campuran diaduk menggunakan pengaduk selama 2 jam kemudian disaring. Kitosan - kaolin dicuci menggunakan akuamedemineralisasi hingga bebas dari suasana asam dan dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 50^oc selama 24 jam. Kitosan - kaolin yang telah dikeringkan 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 50^oc 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.
