

## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai keterkaitan beberapa referensi terhadap penelitian “Analisis Immobilisasi Karbon Aktif Kulit Lai *Durio Kutejensis* (Hassk) Becc. Pada Lempung Teraktivasi Sebagai Penyerap Ion Logam  $Pb^{2+}$ ”. Bab 2 ini meliputi beberapa aspek bahasan diantaranya buah lai, karbon aktif, lempung, logam berat, timbal (Pb), aktivasi, adsorpsi, metode adsorpsi, immobilisasi, FTIR, SAA, AAS dan penelitian terdahulu.

### 2.1 Buah Lai

Lai merupakan salah satu nama tanaman khas yang diberikan oleh penduduk asli Kalimantan Timur. Di Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan dikenal dengan nama pampaken. Lai merupakan jenis durian yang endemik di Kalimantan, namun demikian lai juga dapat dijumpai tumbuh baik di daerah Sumatra dan Jawa. Lai *Durio kutejensis* (Hassk) Becc. Masih merupakan satu famili dengan durian *Durio zibethimus*, selain itu kedua tanaman ini juga memiliki kesamaan. Pada uji di laboratorium menunjukkan bahwa kulit durian mengandung senyawa-senyawa kimia yang berfungsi sebagai antibakteri seperti golongan flavonoid dan saponin. Flavonoid merupakan golongan senyawa bahan alam dari senyawa fenolik yang banyak merupakan pigmen dari tumbuhan. Saponin merupakan senyawa aktif permukaan dan bersifat seperti sabun serta dapat dideteksi berdasarkan kemampuannya membentuk busa dan menghemolisis sel darah. Dalam larutan yang sangat encer, saponin sangat beracun untuk wilayah perairan (Saddam, 2016).

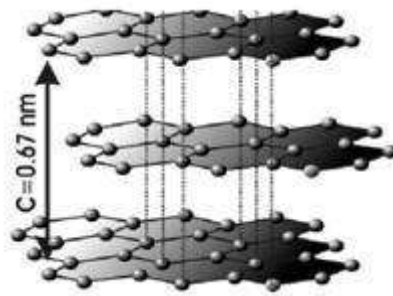
Kadar air buah lai berkisar 58,75 – 76, 48%, sedangkan kadar pati dan kalori masing-masing sebesar 12,24% dan 78,19 kal / 100 gram. Pada buah lai, kandungan kalori, kadar gula dan kadar lemaknya lebih rendah daripada durian pada umumnya. Warna daging buah durian lai lebih kuning daripada buah durian pada umumnya, maka kadar vitamin A buah durian lai jauh lebih tinggi daripada buah durian, karena warna jingga mencerminkan kandungan betakaroten yang merupakan provitamin A. Komposisi kimia buah durian lai disajikan pada tabel 2.1 berikut (Wahida, 2003).

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Buah Lai (Wahida, 2003)

Komposisi	Kandungan (%)
Air	58,75 %
Pati	12,24 %
Serat Kasar	0,41 %
Protein	2,92 %
Lemak	1,95 %
Karbohidrat	34,69 %
Gula	4,59 %
Lignin	5 %
Selulosa	50-60%

## 2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif. Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya, namun dibidang industri, karakterisasi karbon aktif lebih difokuskan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori karbon aktif bervariasi yaitu berupa: silinder, persegi panjang, dan bentuk lain yang tidak teratur. Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya (Darmawan, 2008).



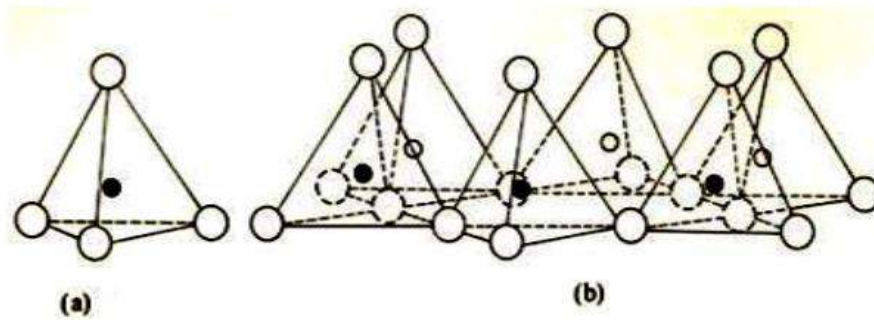
Gambar 2. 1 Struktur Karbon Aktif (Darmawan, 2008).

### 2.3 Lempung

Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah, bersifat plastis pada kadar air sedang. Di Amerika bagian barat, untuk lempung yang keadaan plastisnya ditandai dengan wujudnya yang bersabun atau seperti terbuat dari lilin disebut “gumbo”. Sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat (Hadiyatmo, 2002).

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

- a. 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.

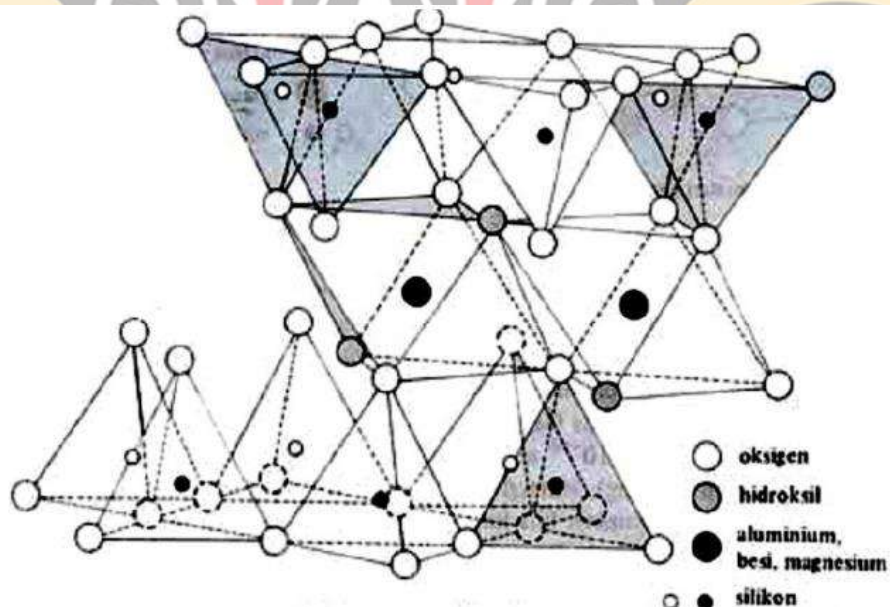


**Keterangan :**

- Oksigen di bidang permukaan
- Oksigen di bidang belakang
- Silikon di bidang permukaan
- Silikon di bidang belakang

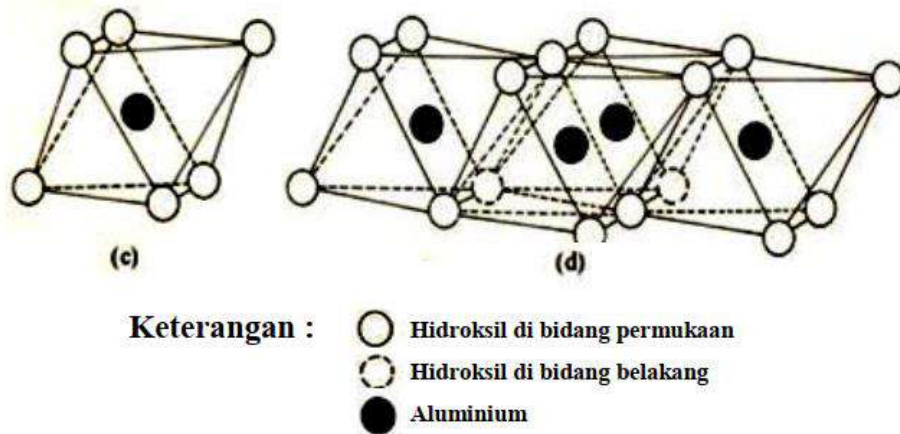
Gambar 2. 2 Struktur mineral lempung; (a) Silika tetrahedral, (b) Lembaran silika (Tan, 1991).

- b. 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. 3 Struktur mineral lempung dengan ikatan O-Al-OH (Tan, 1991).

- c. 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.



Gambar 2. 4 Struktur mineral lempung; (c) Aluminium oktahedral, (d) Lembaran alumina (Tan, 1991).

Lempung memiliki sifat mengadsorpsi yang baik karena ukuran partikel koloidnya sangat kecil dan lapisan penyusunnya tidak terikat dengan kuat sehingga dalam kontakannya dengan air, mineral-mineralnya menunjukkan pengembangan antar lapis yang menyebabkan volumenya meningkat dua kali lipat. Potensi mengembang dan mengerut yang tinggi menyebabkan mineral-mineralnya dapat menerima dan menyemat ion-ion logam (Tan, 1991).

## 2.4 Logam Berat

Logam berat merupakan istilah yang digunakan secara umum pada kelompok logam berat dan metaloid dimana densitasnya lebih besar dari  $5 \text{ gr/cm}^3$ , termasuk pada unsur Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn (Hutagalung, 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).

Logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, dimana keberadaannya

dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Banyak logam berat baik yang bersifat toksik maupun esensial terlarut dalam air dan mencemari air. Sumber pencemaran ini banyak berasal dari pertambangan, peleburan logam, dan jenis industri lainnya, dan dapat juga berasal dari lahan pertanian yang menggunakan pupuk atau anti hama yang mengandung logam. Di dalam air biasanya logam berikatan dalam senyawa kimia atau dalam bentuk ion logam (Nurhamiddin, 2018).

Berdasarkan sifat kimia dan fisiknya, maka tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air dapat diurutkan (dari tinggi ke rendah) sebagai berikut merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co) (Nurhamiddin, 2018).

Sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok yaitu

- a. Bersifat toksik tinggi yang terdiri atas unsur – unsur Hg, Cd, Pb, Cu dan Zn.
- b. Bersifat toksik sedang terdiri dari unsur – unsur Cr, Ni, dan Co.
- c. Bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe. (Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, 1990).

Pencemaran logam berat pada perairan dapat berasal dari kegiatan alam maupun industri. Secara alamiah pencemaran logam berat dapat diakibatkan adanya pelapukan batuan pada cekungan perairan atau adanya kegiatan gunung berapi. Selain limbah industri, pencemaran logam berat juga berasal dari limbah rumah tangga seperti sampah-sampah metabolik, korosi pipa-pipa air yang mengandung Cd dan Co. Logam berat dapat terakumulasi dalam sedimen karena dapat terikat dengan senyawa organik dan anorganik melalui proses adsorpsi dan pembentukan senyawa kompleks. Logam berat seperti Cd dan Co yang masuk dalam perairan akan mengalami pengendapan yang dikenal dengan istilah sedimen (Palar, 1994).

## **2.5 Timbal (Pb)**

Timbal bersifat lunak serta berwarna biru atau abu - abu dengan kilau logam, nomor atom 82 mempunyai titik leleh 327,4°C dan titik didih 1.620°C. Logam ini bertitiklebur rendah, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Timbal termasuk logam berat "*trace metals*" karena mempunyai berat jenis lebih dari lima

kali berat jenis air. timbal merupakan sebuah unsur maka tidak mengalami degradasi (penguraian) dan tidak dapat dihancurkan (Adhani, 2017).

Industri yang berpotensi sebagai sumber pencemaran Pb adalah semua industri yang memakai Pb sebagai bahan baku maupun bahan penolong, misalnya: Industri pengecoran maupun pemurnian yang menghasilkan timbal konsentrat (*primary lead*), maupun *secondary lead* yang berasal dari potongan logam (*scrap*). Industri baterai banyak menggunakan logam Pb terutama *lead antimony alloy* dan *lead oxides* sebagai bahan dasarnya. Industri bahan bakar dimana Pb berupa *tetra ethyl lead* dan *tetra methyl lead* banyak dipakai sebagai anti knock pada bahan bakar, sehingga baik industri maupun bahan bakar yang dihasilkan merupakan sumber pencemaran Pb. Industri kabel memerlukan Pb untuk melapisi kabel. Saat ini pemakaian Pb di industri kabel mulai berkurang, walaupun masih digunakan campuran logam Cd, Fe, Cr, Au dan arsenik yang juga membahayakan untuk kehidupan makhluk hidup. Industri kimia, yang menggunakan bahan pewarna. Pada industri ini seringkali dipakai Pb karena toksisitasnya relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan logam pigmen yang lain. Sebagai pewarna merah pada cat biasanya dipakai *red lead*, sedangkan untuk warna kuning dipakai *lead chromate* (Sudarmaji, 2006).

Keracunan Pb yang telah dilaporkan berasal dari penggunaan air dengan kandungan Pb antara 0,04 ppm - 1 ppm atau lebih. Kandungan Pb 0,1 ppm sudah mengakibatkan kehidupan akan terganggu. Menurut ketentuan WHO, kadar Pb dalam darah manusia yang tidak terpapar oleh Pb adalah sekitar 10 -25 µg/100 mL. Paparan bahan tercemar Pb dapat menyebabkan gangguan pada organ sebagai berikut: gangguan neurologi (susunan syaraf), gangguan terhadap fungsi ginjal, menyebabkan gangguan pada sistem reproduksi berupa keguguran, kesakitan dan kematian janin. Logam berat Pb mempunyai efek racun terhadap gamet dan dapat menyebabkan cacat kromosom. Anak -anak sangat peka terhadap paparan Pb di udara. Paparan Pb dengan kadar yang rendah yang berlangsung cukup lama dapat menurunkan IQ. Keracunan Pb dapat menyebabkan terjadinya anemia akibat penurunan sintesis globin walaupun tidak tampak adanya penurunan kadar zat besi dalam serum (Sudarmaji, 2006).

## 2.6 Aktivasi

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 karbon aktif dilakukan dengan proses kimia menggunakan dua tahap yaitu, pada tahap pertama proses karbonasi dilakukan dengan pembakaran dari material yang mengandung karbon dan dilakukan tanpa adanya kontak langsung dengan udara (Marsh, 2006). Proses karbonisasi juga dikenal dengan pirolisis yang didefinisikan sebagai suatu tahapan dimana material organik awal ditransformasikan menjadi sebuah material yang semuanya berbentuk karbon. Tahap kedua yaitu proses aktivasi, bertujuan untuk mengubah produk atau material karbon menjadi adsorben (Parker, 1993). Pada tahap ini arang hasil karbonasi di rendam dengan HCl yang berfungsi sebagai aktivator untuk memutuskan ikatan hidrokarbon sehingga pori-pori permukaan arang menjadi lebih luas.

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. Montmorillonit diketahui berstruktur kristal berupa lembaran lembaran (*sheets*) yang dibentuk oleh lapisan tetrahedral dan lapisan oktahedral dengan perbandingan 1:1. 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 monmorillonit memiliki muatan negatif, dan kenetralan dipertahankan oleh



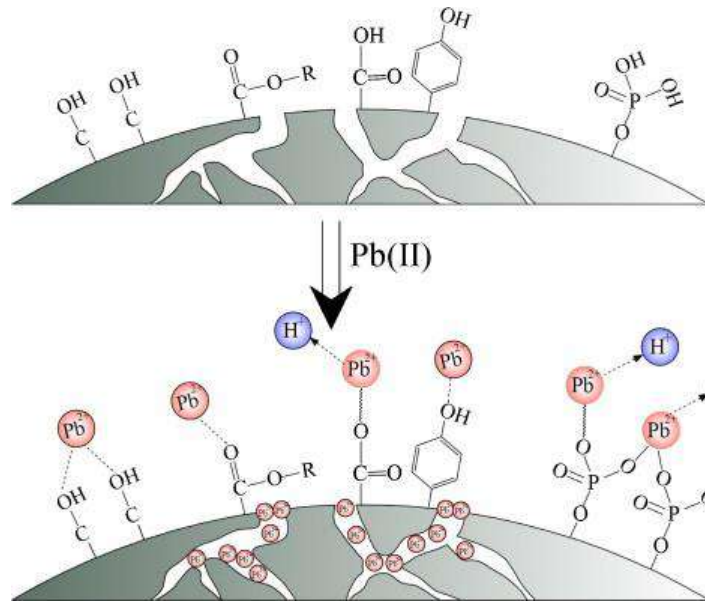
kation-kation yang dapat dipertukarkan seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  dan  $\text{Na}^+$  yang berada di antara lapisan-lapisan (*interlayer*) lempung monmorillonit dengan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) dari larutan asam (Sadiana, 2018).

## 2.7 Adsorpsi

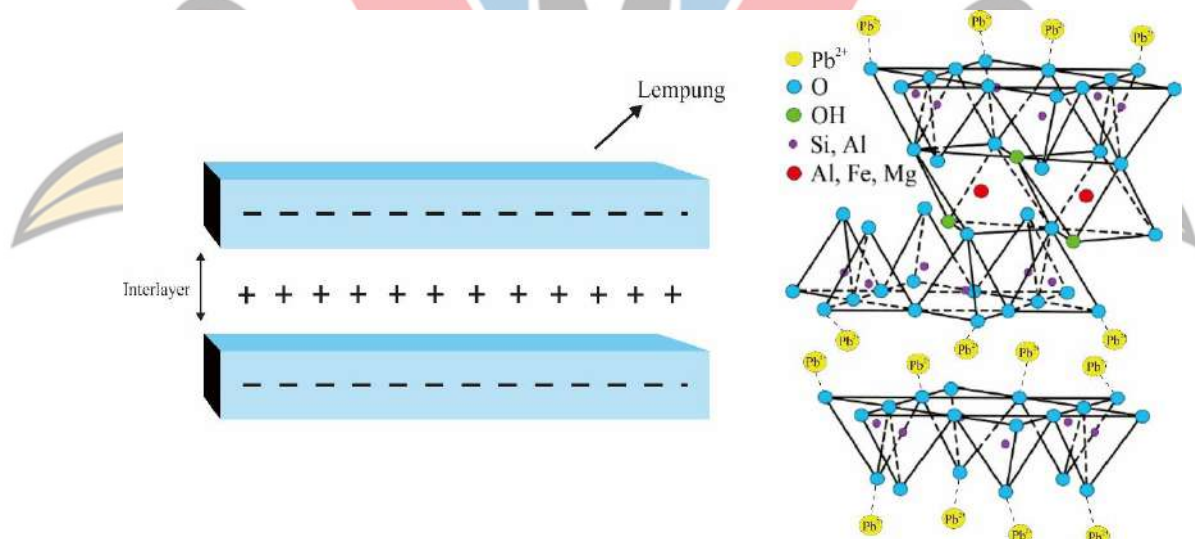
Adsorpsi merupakan peristiwa kesetimbangan kimia, maka dari itu, berkurangnya kadar zat yang teradsorpsi (adsorbat) oleh material pengadsorpsi (adsorben) terjadi secara kesetimbangan, sehingga secara teoritis tidak dapat terjadi penyerapan sempurna adsorbat oleh adsorben. Bahan yang diserap disebut adsorbat atau *solute*, sedangkan bahan penyerapnya disebut adsorben. Adsorben bersifat spesifik dan terbuat dari bahan berpori. Pemilihan jenis adsorben dalam proses adsorpsi harus disesuaikan dengan sifat dan keadaan zat yang akan diadsorpsi dan nilai komersilnya. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori di dalam partikel itu. Adsorben yang telah jenuh dapat diregenerasi agar dapat digunakan kembali untuk proses adsorpsi (Faradilla, 2016).

Berdasarkan interaksi molekular antar permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van Der Waals, yaitu gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. 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 kovalen dan ion antara molekul – molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk adalah lapisan *monolayer* (Hendra, 2008).

Mekanisme adsorpsi pada masing-masing adsorben karbon aktif dan lempung diilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 2. 5 Mekanisme Adsorpsi Ion Logam  $Pb^{2+}$  Pada Karbon Aktif (Huang, 2013)



Gambar 2. 6 Mekanisme Adsorpsi Ion Logam  $Pb^{2+}$  Pada Lempung (Steinmetz, 2007)

Faktor – faktor yang mempengaruhi adsorpsi yaitu (Sumayya, 2017) :

### 2.7.1 Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Ukuran partikel merupakan syarat yang penting dari adsorben. Ukuran partikel mempengaruhi kecepatan dimana adsorpsi terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan menurunnya ukuran partikel.

### **2.7.2 Luas permukaan**

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka semakin luas permukaannya. Kapasitas adsorpsi total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total adsorbennya.

### **2.7.3 Kecepatan Pengadukan**

Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

### **2.7.4 Ukuran Molekul Adsorbat**

Ukuran molekul adsorbat benar – benar penting dalam proses adsorpsi ketika molekul masuk ke dalam mikropori suatu partikel adsorben untuk di serap. Adsorpsi paling kuat ketika ukuran pori-pori adsorben cukup besar sehingga memungkinkan molekul adsorbat untuk masuk. Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul – molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.

### **2.7.5 pH**

pH dimana proses adsorpsi terjadi menunjukkan pengaruh yang besar terhadap adsorpsi itu sendiri. Hal ini dikarenakan ion hidrogen sendiri diadsorpsi dengan kuat, sebagian karena pH mempengaruhi ionisasi dan karenanya juga mempengaruhi adsorpsi dari beberapa senyawa. Asam organik lebih mudah diadsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik terjadi dengan mudah pada pH tinggi. pH optimum untuk kebanyakan proses adsorpsi harus ditentukan dengan uji laboratorium.

### **2.7.6 Konsentrasi**

Adsorpsi akan meningkat dengan kenaikan konsentrasi adsorbat. Adsorpsi akan tetap jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan. Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

### 2.7.7 Temperatur

Temperatur dimana proses adsorpsi terjadi akan mempengaruhi kecepatan dan jumlah adsorpsi yang terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan meningkatnya temperatur, dan menurun dengan menurunnya temperatur. Namun demikian, ketika adsorpsi merupakan proses eksoterm, derajat adsorpsi meningkat pada suhu rendah dan akan menurun pada suhu yang lebih tinggi (Sumayya, 2017).

## 2.8 Metode Adsorpsi

Jenis adsorpsi yang umum dikenal adalah adsorpsi kimia (kemisorpsi) dan adsorpsi fisika (fisorpsi). Adsorpsi kimia terjadi karena adanya gaya kimia yang diikuti oleh reaksi kimia. Biasanya hanya terdapat satu lapisan gaya yang terjadi karena kapasitas adsorpsinya yang besar yaitu lebih dari 20,92 kJ/mol. Sedangkan adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya fisika dan daya adsorpsinya kurang dari 20,92 kJ/mol serta ikatannya yang lemah. Jenis adsorpsi kimia biasanya ditentukan dengan persamaan isotermal Langmuir dengan menentukan nilai kapasitas adsorpsinya. Sedangkan adsorpsi fisika ditentukan dengan persamaan Freundlich dengan mengetahui kapasitas adsorpsinya (Adamson, 1990).

### 2.8.1 Isotermal Freundlich

Isotermal Freundlich merupakan proses adsorpsi yang terjadi secara fisorpsi banyak lapisan. Fisorpsi adalah adsorpsi yang hanya melibatkan gaya intermolekul (ikatan van der Waals) dan ikatannya lemah karena tidak ada transfer elektron (Sunarya, 2006). 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:

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

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2.2)$$

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.

## 2.8.2 Isotermal Langmuir

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

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

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).

## 2.9 Immobilisasi

Immobilisasi merupakan suatu proses penambahan bahan aktif pada matriks atau bahan pendukung (kebanyakan padatan) untuk meningkatkan fungsi dari bahan aktif tersebut. Penggunaan padatan anorganik sebagai matriks immobilisasi suatu bahan tertentu telah banyak dilakukan seperti untuk pembuatan adsorben selektif, katalis immobilisasi enzim dan lain-lain. Teknik immobilisasi dapat dilakukan melalui berbagai cara. Pengikatan kovalen merupakan metode yang menghasilkan suatu bahan terimmobilisasi dengan interaksi yang kuat, tetapi prosesnya relatif rumit dan memerlukan waktu yang relatif lama. Adsorpsi fisik merupakan cara yang paling mudah dilakukan, dimana interaksi antara padatan dan bahan yang diimmobilkan bersifat fisik, sehingga mudah untuk dilakukan pemisahan (Sriyanti dkk., 2005). Dalam hal ini adsorben karbon aktif dan lempung terjadi interaksi yaitu berupa ikatan sekunder van der Waals. Jenis ikatan ini tidak terlalu kuat, dalam keadaan tertentu, gaya van der Waals dapat menyebabkan ukuran partikel semakin besar sehingga dapat meningkatkan luas permukaannya (Rahayu, 2015).

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

Spektroskopi FTIR (*fourier transform infrared*) merupakan salah satu teknik analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Komponen utama spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yang mempunyai fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Diantaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair). Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain (Sankari, 2010).

Prinsip kerja spektrofotometer inframerah adalah fotometri. Sinar dari sumber sinar inframerah merupakan kombinasi dari panjang gelombang yang berbedabeda. Sinar yang melalui interferometer akan difokuskan pada tempat sampel. Sinar yang ditransmisikan oleh sampel difokuskan ke detektor. Perubahan intensitas sinar menghasilkan suatu gelombang interferens. Gelombang ini diubah menjadi sinyal oleh detektor, diperkuat oleh penguat, lalu diubah menjadi sinyal digital. Pada sistem optik FTIR, radiasi laser diinterferensikan dengan radiasi inframerah agar sinyal radiasi inframerah diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik. Teknik pengoperasian FTIR berbeda dengan spektrofotometer inframerah. Pada FTIR digunakan suatu interferometer Michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak di depan monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram (Khopkar, 2008).

## **2.11 *Surface Area Analyzer (SAA)***

*Surface Area Analyzer (SAA)* adalah salah satu alat dalam karakterisasi material yang bertujuan untuk menentukan luas permukaan material dan distribusi pori dari material. Prinsip kerja SAA didasarkan pada siklus adsorpsi dan desorpsi

24 isothermis gas N<sub>2</sub> oleh sampel serbuk pada suhu N<sub>2</sub> cair. Setiap siklus adsorpsi dan desorpsi menghasilkan variasi data tekanan proses, yang dengan hukum gas ideal PV=NRT sebagai fungsi volume gas. Dengan memasukkan sejumlah volume gas nitrogen yang diketahui kedalam tabung sampel, maka sensor tekanan akan memberikan data tekanan proses yang bervariasi. Data volume gas yang dimasukkan yang telah diketahui jumlahnya dan data hasil kenaikan tekanan dibuat sebagai persamaan *Brunauer-Emmet-Teller* (BET) yang dipakai sebagai dasar perhitungan luas permukaan serbuk. Prinsip perhitungannya adalah dengan mengetahui jumlah volume gas adsorbat total yang dimasukkan kedalam tabung kosong tanpa sampel dan mengetahui jumlah volume gas adsorbate yang tidak terserap oleh sampel, maka jumlah volume gas yang diserap oleh sampel dapat diketahui. Selanjutnya mengkonversi satuan volume menjadi satuan luasan dengan bantuan data luas bagian molekul gas N<sub>2</sub> = 16,2 A<sub>2</sub> (Rosyid, 2012).

## 2.12 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

Spektrofotometri serapan atom (AAS) adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan unsur-unsur dalam suatu sampel/cuplikan yang berbentuk larutan. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) biasa juga disebut dengan alat SSA yaitu suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsurunsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas. 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).

Kandungan logam Pb<sup>2+</sup> yang teradsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Titin, 2012).

$$qe = \frac{(C_0 - C_e)}{w} V \quad (2.4)$$

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)

Pada penelitian 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 2.2 Daya Serap Ion  $\text{Co}^{2+}$  pada Adsorben (Patandean, 2021)

Co (mg/L)	Waktu Kontak (menit)	Ce (mg/L)	V (L)	W (gr)	qe (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 2.2 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 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).

Untuk nilai presentase adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

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

Dimana:

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

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



### 2.13 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	Nuvicha, dkk, 2016	<p>Metode: Pembuatan karbon aktif dengan mengkalsinasi kulit durian pada temperatur 400°C selama 2 jam lalu di oven dengan temperatur 102 °C selama 1 jam dengan variasi waktu kontak 60, 90 dan 120 menit, dan variasi ukuran 60, 80 dan 100 mesh.</p> <p>Hasil: Didapatkan pengaruh ukuran partikel mempengaruhi efisiensi adsorpsi ion logam Pb, semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar luas permukaan untuk mengadsorpsi. Dan semakin lama waktu kontak meningkatkan efisiensi adsorpsi, sehingga hasil paling optimal yaitu pada ukuran 100 mesh waktu kontak 120 menit.</p>
2.	Marlinawati, dkk, 2015	<p>Metode: Dilakukan karbonisasi kulit durian menggunakan furnace dengan temperatur 400°C selama ±15 menit lalu diayak 200 mesh. Dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit, dan penentuan pH optimum 1-6.</p> <p>Hasil: Didapatkan pH optimum adsorpsi ion logam Cd yaitu pH 4, dan pada waktu kontak 60 menit dengan kapasitas adsorpsi maksimum yaitu 0.4951 mg/g.</p>

- 
3. Khan, 2015 Metode: Mencampurkan lempung bentonit 0,1 – 1 gram ke dalam larutan logam timbal (Pb) sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 50 ppm. Pengadukan dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm dengan variasi waktu 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 menit. Kemudian disaring menggunakan kertas saring whatman untuk memisahkan lempung dan larutan logam timbal. Konsentrasi timbal yang tersisa di larutan dianalisis dengan *Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES)*.
- Hasil: 1. Dosis optimum lempung yang dapat menghilangkan timbal (Pb) adalah 0,3 gram pada konsentrasi 50 ppm.  
2. Efisiensi pengurangan konsentrasi larutan timbal menggunakan lempung bentonit 1 gram optimum pada 36,5 ppm.  
3. Waktu pengadukan optimum pada lempung bentonit 0,3 gram terjadi pada 5 menit.
- 
4. Basaltico, 2016 Metode: Dilakukan karbonisasi kulit durian menggunakan furnace dengan temperatur 350°C selama  $\pm$  1 jam lalu diaktivasi dengan larutan KOH dengan temperatur 40°C. Dengan variasi waktu kontak 5, 10, 15, 20, dan 25 menit, dan ukuran karbon aktif 50, 100, 150 dan 200 mesh.
- Hasil: Didapatkan nilai adsorpsi terbaik adsorpsi logam Pb pada limbah elektroplating untuk karbon aktif ukuran 200 mesh yaitu pada waktu kontak 25 menit dengan nilai adsorpsi 68,46%.
-