

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (soluble) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapannya. Adsorpsi menggunakan istilah adsorben dan adsorbat, dimana adsorben adalah merupakan suatu penyerapan yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbat adalah merupakan suatu media yang diserap (Soedarsono dan Syahputra, 2005).

a. Proses Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melakat pada permukaan padatan. Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan sesuatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut. Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan zat pencemar (adsorbat), baik pada fase cair maupun gas. Sebab adsorpsi adalah fenomena permukaan, maka kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben merupakan fungsi luas permukaan spesifik.

Adsorpsi akan terkonsentrasi pada tapak permukaan yang memiliki energi lebih tinggi. Aktivasi adsorben akan menaikkan energi pada permukaannya sehingga dapat meningkatkan tarikan terhadap molekul adsorbat.

Adsorben yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah adsorben yang dihasilkan dari pemanfaatan media bambu yang tidak dipakai lagi sebagai bahan baku untuk membuat adsorben.

Pada dasarnya proses adsorpsi dibagi menjadi 2 proses yaitu :

1. Adsorpsi Fisik

Adsorpsi fisik (*physical adsorption*), yaitu berhubungan dengan gaya van der Waals dan merupakan suatu proses bolak-balik apabila daya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben. Adsorpsi Fisik ini terjadi pada zat-zat yang bersuhu rendah dengan adsorpsi relatif rendah.

Adsorpsi fisik mempunyai derajat yang sama dengan panas kondensasi dari gas menjadi cair, sehingga gaya yang menahan adsorpsi molekul-molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel karena kebutuhan energi yang sangat kecil.

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia (*chemisorption*), yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dan zat terlarut yang teradsorpsi. Adsorpsi ini bersifat spesifik dan terjadi berdasarkan ikatan kimia antara adsorbent dengan zat yang teradsorpsi (adsorbat), sehingga dibandingkan dengan adsorpsi fisik, kerja yang terjadi jauh lebih besar begitu juga dengan panas adsorpsi dibanding dengan adsorpsi fisik, selain itu adsorpsi kimia terjadi pada suhu yang tinggi. Sebab terjadinya ikatan kimia, maka pada permukaan adsorbent dapat berbentuk suatu lapisan dan apabila hal ini berlanjut maka adsorbent tidak akan mampu lagi menyerap zat lainnya. Dan proses adsorpsi secara kimia ini bersifat irreversible.

Menurut Atkins pada tahun 1999, berdasarkan sifatnya adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia memiliki berbagai perbedaan yang dapat digunakan sebagai pembandingan seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Sifat Adsorpsi

Adsorpsi Fisik	Adsorpsi Kimia
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya Van der Waals	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai 800 kJ/mol
Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi
Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik adsorben dan adsorbat
Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Melibatkan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

b. Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Banyak faktor yang mempengaruhi laju proses adsorpsi dan banyaknya adsorbat yang dapat dijerap, di antaranya :

✓ Karakteristik Adsorben

Karakteristik adsorben yang mempengaruhi laju adsorpsi adalah ukuran dan luas permukaan partikel. Semakin kecil adsorben maka laju adsorpsi akan semakin cepat, sementara semakin luas permukaan adsorben maka jumlah partikel adsorbat yang diserap akan semakin banyak.

✓ Agitasi

Agitasi yang dimaksud adalah keadaan bergolak atau bisa disebut turbulen. Laju proses adsorpsi dikendalikan oleh difusi lapisan dan difusi pori, dan keadaan tergantung pada keadaan larutan, tenang atau bergolak/turbulen.

✓ Ukuran Pori Adsorben

Ukuran pori merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena partikel adsorben harus masuk ke dalam pori adsorben. Proses adsorpsi akan lancar apabila ukuran pori dari adsorben cukup besar untuk dapat memasukan adsorbat ke dalam pori adsorben. Kebanyakan air limbah mengandung berbagai ukuran partikel adsorbat. Keadaan ini dapat merugikan, karena partikel yang lebih besar akan menghalangi partikel kecil untuk dapat masuk ke dalam pori adsorben.

✓ pH

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi. Ini disebabkan karena ion hidrogen dapat menjerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat mempegaruhi ionisasi. Senyawa organik asam lebih diadsorpsi dalam suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih bisa diadsorpsi pada suasana pH tinggi. Nilai optimum pH bisa ditentukan dengan melakukan pengujian di laboratorium.

✓ Kelarutan Adsorbat

Proses adsorpsi terjadi saat adsorbat terpisah dari larutan dan menempel di permukaan adsorben. Partikel adsorbat yang terlarut memiliki afinitas yang kuat. Tetapi ada pengecualian, beberapa senyawa yang sedikit larut sulit untuk menyerap, sedangkan ada beberapa senyawa yang sangat larut namun dapat diserap dengan mudah.

✓ Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, ini dikarenakan perbedaan kemampuan mengikat logam Pb, Kondisi ekuilibrium akan dicapai pada waktu yang tidak lebih dari 150 menit, setelah waktu itu jumlah adsorbat yang terserap tidak signifikan berubah terhadap waktu.

✓ Temperatur

Temperatur dapat mempengaruhi laju adsorpsi dan tingkat terjadinya adsorpsi. Laju adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya temperatur, begitu pula sebaliknya. Bagaimanapun karena proses adsorpsi merupakan proses eksotermik, maka derajat adsorpsi akan meningkat saat temperatur rendah dan turun pada temperatur tinggi.

2.2. Proses Biosorpsi

Biosorpsi merupakan suatu proses penyerapan komponen tertentu dari suatu fase fluida dengan menggunakan substrat organik. Biosorpsi dapat didefinisikan sebagai penyisihan ion logam dengan cara adsorpsi pasif atau kompleksasi oleh biomassa hidup atau sampah organik. Biosorpsi merupakan kemampuan material biologi untuk mengakumulasi logam berat. Proses biosorpsi ini dapat terjadi karena adanya material biologi yang disebut biosorben dan adanya larutan yang mengandung logam berat sehingga mudah terikat pada biosorben (Putra, 2005).

Mikroorganisme, termasuk ganggang, bakteri, ragi, jamur, dan daun tumbuhan serta jaringan akan dapat digunakan sebagai biosorben untuk menghilangkan logam berat dari hasil buangan industri (Pavasant dkk, 2005).

2.3. Adsorben

Adsorben adalah materi yang mampu mengadsorpsi/melakukan penyerapan. Salah satu adsorben yang banyak dipakai adalah karbon aktif/activated carbon. Karbon aktif yang umum dipakai bisa dalam bentuk granul (GAC, Granular Activated Carbon) atau bubuk (PAC, Powdered Activated Carbon). Karbon aktif secara umum digunakan sebagai adsorben karena memiliki banyak pori, yang membuat luas permukaan karbon aktif semakin besar.

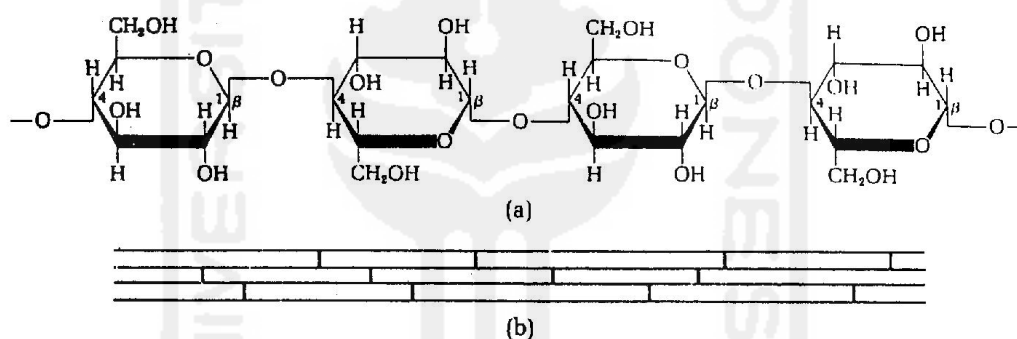
Adsorben dapat digolongkan menjadi dua berdasarkan adsorbat yang dijerap, yaitu polar dan non-polar. Adsorben polar adalah adsorben hidrofilik, adsorben ini dapat menyerap air. Contoh dari adsorben ini adalah silica gel yang biasa digunakan untuk menyerap uap air di rak sepatu. Adsorben non polar adalah adsorben hidrofobik, adsorben ini akan menyerap adsorbat selain air. Contoh dari adsorben non-polar adalah karbon aktif.

Kemampuan dari suatu adsorben dalam menyerap zat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Luas permukaan adsorben. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben.
2. Tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi
3. Kemurnian adsorben.
4. Jenis/gugus fungsi atom yang ada pada permukaan adsorben.

2.4. Selulosa

Selulosa adalah senyawa seperti serabut, liat, tidak larut dalam air, dan ditemukan di dalam dinding sel pelindung tumbuhan terutama pada tangkai batang, dahan dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Karena selulosa merupakan homopolisakarida linier tidak bercabang, terdiri dari 10.000 atau lebih unit D-glukosa yang terhubung oleh ikatan 1-4 glikosida, senyawa ini akan kelihatan seperti amilosa dari rantai utama glikogen. Tetapi terdapat perbedaan yang sangat penting pada selulosa, ikatan 1-4 berada dalam konfigurasi β , sedangkan pada amilosa, amilopektin, dan glikogen, ikatan 1-4 nya berbentuk α .



Gambar 2.1 Struktur Kimia Selulosa

Selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon bertingkat tinggi hingga organisme primitif seperti lumut dan rumput laut. Selulosa tidak larut dalam air maupun zat pelarut organik dan mempunyai daya tarik yang tinggi. Selulosa merupakan bahan dasar dari banyak produksi teknologi kertas, dan serat. Sifat serat selulosa adalah :

- ✓ Memiliki kekuatan tarik yang tinggi
- ✓ Mampu membentuk jaringan.
- ✓ Tidak mudah larut dalam air, alkali dan pelarut organik
- ✓ Relatif tidak berwarna.
- ✓ Memiliki kemampuan mengikat yang lebih kuat

(Harsini dan Susilowati, 2010).

Selulosa berperan besar dalam memberikan kekuatan tarik sedangkan lignin memberi kekuatan tekan dan mencegah pelipatan mikrofibril. Selulosa dan lignin diikat dengan hemiselulosa.

Gugus fungsional dari gugus selulosa adalah gugus hidroksil. Gugus hidroksil selulosa menyebabkan permukaan selulosa menjadi hidrofilik. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat disepanjang rantai. Di dalam selulosa alami dari tanaman, rantai selulosa diikat bersama-sama membentuk mikrofibril yang sangat terkristal (*highly cristalline*) dimana setiap rantai selulosa diikat bersama-sama oleh ikatan hidrogen.

Ditinjau dari strukturnya, dapat saja diharapkan selulosa mempunyai kelarutan yang besar dalam air, karena banyak kandungan gugus hidroksil yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air (antaraksi yang tinggi antara pelarut-terlarut. Akan tetapi kenyataannya tidak demikian, dan selulosa bukan hanya tak larut dalam air tetapi juga dalam pelarut lain. Penyebabnya ialah kekakuan rantai dan tingginya gaya antar rantai akibat ikatan hidrogen antar gugus hidroksil yang berdekatan. Faktor ini dipandang menjadi penyebab kekristalan yang tinggi dari serat selulosa (Cowd, 1991).

2.5 Bambu Sebagai Bahan Media Adsorben

Bambu merupakan tanaman yang tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia. Tanaman ini sudah menyebar diseluruh kawasan nusantara. Dalam pertumbuhannya tanaman ini tidak terlalu banyak menuntut persyaratan. Bambu dapat tumbuh di daerah iklim basah sampai kering, dari dataran rendah hingga ke daerah pegunungan. Tidak heran jika keberadaannya banyak dijumpai diberbagai tempat, baik sengaja ditumbuhkan maupun tumbuh secara alami. Tanaman ini termasuk dalam orde *Graminales*, famili *gramineae*, dan subfamili *Bambusoideae* (Berlian, 1995).

Tanaman bambu banyak ditemukan di daerah tropis di benua Asia, Afrika, dan Amerika. Benua Asia merupakan daerah penyebaran bambu terbesar. Tanaman bambu yang kita kenal umumnya berbentuk rumpun. Arah pertumbuhan biasanya tegak, kadang-kadang memanjat, dan batangnya mengayu. Jika sudah tinggi, batang bambu ujungnya agak menjuntai dan daun-daunnya seakan melambai. Tinggi tanaman bambu pada umumnya sekitar 0,3 m sampai 30 m, diameter batangnya 0,25 – 25 cm dan ketebalan dindingnya sampai 25 mm. Tanaman ini dapat mencapai umur panjang dan biasanya mati tanpa berbunga (McClure, 1996).

Secara biofisik, pohon bambu menghasilkan selulosa per ha 2–6 kali lebih besar dari pohon kayu pinus. Peningkatan biomassa bambu per hari 10 – 30% dibanding 2,5% untuk pohon kayu pinus. Bambu dapat dipanen dalam 4 tahun, lebih singkat dibanding 8-20 tahun untuk jenis pohon kayu pinus.

Tabel 2.2 Persentase komponen yang terkandung dalam batang bambu

Komponen	Kandungan %
Selulosa	42,4 - 53,6
Lignin	19,8 - 26,6
Pentosan	1,24 - 3,77
Zat ekstraktif	4,5 - 9,9
Air	15 - 20
Abu	1,24 - 3,77
SiO ₂	0,10 - 1,78

(Widya,2006)

Kandungan terbesar dalam batang bambu adalah selulosa. Selulosa adalah polisakarida yang tersusun dari monomer D-glukosa yang mempunyai tiga gugus hidroksil yang dapat disubstitusi. Ditinjau dari strukturnya, dapat saja diharapkan selulosa mempunyai kelarutan yang besar dalam air, karena banyaknya kandungan gugus hidroksil yang dapat membentuk ikatan hydrogen dengan air (interaksi yang tinggi antara pelarut-terlarut). Akan tetapi kenyataannya tidak demikian dan selulosa bukan hanya tak larut dalam air tetapi juga dalam pelarut lain. Penyebabnya ialah kekuatan rantai dan tingginya gaya antar garis rantai akibat ikatan hydrogen antar gugus hidroksil pada rantai yang berikatan. Faktor ini dipandang menjadi penyebab kekristalan yang tinggi dari serat selulosa. Jika ikatan hydrogen berkurang, gaya antaraksi pun berkurang dan oleh karenanya gugus hidroksil selulosa harus diganti sebagian atau seluruhnya oleh pengesteran. Hal ini dapat dilakukan, dan ester yang dihasilkan larut dalam sejumlah pelarut (Widya, 2006).

Tanaman bambu sudah menyebar ke berbagai daerah di Indonesia. Sebutan untuk tanaman ini berbeda-beda disetiap daerah. Adapun secara internasional bambu dikenal dengan sebutan bamboo. Di Indonesia terdapat lebih kurang 125 jenis bambu. Salah satu jenis bambu yang banyak tersebar di wilayah Indonesia adalah bambu betung.

✓ **Bambu Betung**

Bambu betung (*dendrocalammus*) memiliki sifat yang keras dan baik untuk bahan bangunan karena seratnya besar-besar dan ruasnya panjang. Jenis bambu ini mempunyai rumpun yang agak sedikit rapat. Warna batang hijau kekuning-kuningan. Ukurannya lebih besar dan lebih tinggi dari pada jenis bambu lain. Perbanyak bambu betung dilakukan dengan potongan batang atau cabangnya. Jenis bambu ini mempunyai pertumbuhan yang cepat, mudah diperbanyak, dan dapat tumbuh baik ditempat yang cukup kering. Tanaman ini dapat ditemui di dataran rendah sampai ketinggian 2.000 m dpl (Berlian, 1995).

Bambu betung adalah bambu yang kuat,tingginya bisa mencapai 20 – 30 m dan diameter batang 8 – 20 cm. Ruas bambu betung cukup panjang dan tebal, panjangnya antara 40 – 60 cm dan ketebalan dindingnya 1 – 1,5 cm. Bambu betung bisa dipanen pada umur 3 – 4 tahun dengan produksi sekitar 8 ton/ha. Kerapatan serat bambu betung adalah 0,8 g/cm³ . Pada bambu betung, kecepatan munculnya tunas baru dan pertumbuhan akar serta tajuk relative lebih cepat pada penanaman horizontal.Namun demikian pertumbuhan akar dan tajuk dari penanaman vertikal jauh lebih baik dari penanaman horizontal.

Bambu betung memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan jenis bambu lain.Hal ini dapat dilihat dari kandungan holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) yang terdapat didalamnya.



Gambar 2.2 Bambu Betung

Tabel 2.3 Kandungan selulosa yang terdapat pada beberapa jenis bambu

Jenis Bambu	Selulosa (%)
Tali	73,3
Hitam	76,2
Kuning	83,8
Andong	76,0
Betung	83,9
Ampel	3,7

(Widya,2006)

Kadar selulosa (selulosa dan hemiselulosa) pada keenam jenis bambu pada table di atas relatif tinggi ($> 65\%$), sehingga diduga akan menghasilkan papan partikel dengan kualitas baik. Dari keenam jenis bambu, bambu betung memiliki kadar selulosa tertinggi atau terbaik. Dengan demikian bambu betung diperkirakan dapat menghasilkan papan partikel dengan kualitas yang relatif lebih baik dan rendemen yang relatif lebih tinggi dibandingkan lima jenis bambu lainnya (Widya, 2006).

2.6 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi. Keberadaan timbal bisa juga berasal dari hasil aktivitas manusia, yang mana jumlahnya 300 kali lebih banyak di bandingkan Pb alami yang terdapat pada kerak bumi. Pb terkonsentrasi dalam deposit bijih logam. Unsur Pb digunakan dalam bidang industri modern sebagai bahan pembuatan pipa air yang tahan korosi, bahan pembuat cat, baterai, dan campuran bahan bakar bensin tetraetil. Timbal (Pb) adalah logam yang mendapat perhatian khusus karena sifatnya yang toksik (beracun) terhadap manusia. Timbal (Pb) dapat masuk ke dalam tubuh melalui konsumsi makanan, minuman, udara, air, serta debu yang tercemar Pb.

Timbal banyak dimanfaatkan oleh manusia seperti sebagai bahan pembuat baterai, amunisi, produk logam (logam lembaran, solder, dan pipa), perlengkapan medis (penangkal radiasi dan alat bedah), cat, keramik, peralatan kegiatan ilmiah/praktek (papan sirkuit/CB untuk komputer) untuk campuran minyak bahan-bahan untuk meningkatkan nilai oktan.

Konsentrasi timbal di lingkungan tergantung pada tingkat aktivitas manusia, misalnya di daerah industri, di jalan raya, dan tempat pembuangan sampah. Karena timbal banyak ditemukan di berbagai lingkungan maka timbal dapat memasuki tubuh melalui udara, air minum, makanan yang dimakan dan tanah pertanian.

Daya racun timbal yang akut pada perairan alami menyebabkan kerusakan hebat pada ginjal, sistem reproduksi, hati dan otak, serta sistem syaraf sentral, dan

bisa menyebabkan kematian (Ahmad,2009). Bentuk kimia senyawa Pb yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan akan mengendap pada jaringan tubuh, dan sisanya akan terbuang bersama bahan sisa metabolisme. Sekali masuk ke dalam tubuh timbal didistribusikan terutama ke 3 (tiga) komponen yaitu darah, jaringan lunak (ginjal, sum-sum tulang, liver, otak), jaringan dengan mineral (tulang dan gigi).

Tubuh menimbun timbal selama seumur hidup dan secara normal mengeluarkannya secara lambat. Efek yang ditimbulkan adalah gangguan syaraf, sel darah, gangguan metabolisme vitamin D dan kalsium sebagai unsur pembentuk tulang, gangguan ginjal secara kronis, dapat menembus plasenta sehingga menghambat pertumbuhan.

Jalur masuknya timbal ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernapasan (respirasi), juga melalui saluran pencernaan (gastrointestinal), kemudian didistribusikan ke dalam darah, dan terikat pada sel darah. Sebagian Pb disimpan dalam jaringan lunak dan tulang, sebagian diekskresikan lewat kulit, ginjal dan usus besar.

2.7 Aktivasi Peningkatan Kemampuan Adsorpsi

✓ Aktivasi Arang Aktif

Arang adalah padatan berpori hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon. Arang tersusun dari atom-atom karbon yang berikatan secara kovalen membentuk struktur heksagonal datar dengan sebuah atom C pada setiap sudutnya. Susunan kisi-kisi heksagonal datar ini tampak seolah-olah seperti pelat-pelat datar yang saling bertumpuk dengan sela-sela di antaranya.

Sebagian pori-pori yang terdapat dalam arang masih tertutup oleh hidrokarbon dan senyawa organik lainnya. Komponen arang ini meliputi karbon terikat, abu, air, nitrogen, dan sulfur yang mempunyai luas permukaan dan jumlah pori sangat banyak (Baker, 1997).

Karbon aktif adalah bentuk umum dari berbagai macam produk yang mengandung karbon yang telah diaktifkan untuk meningkatkan luas permukaannya (Manes, 1998). Karbon aktif berbentuk kristal mikro karbon grafit yang pori-porinya telah mengalami pengembangan kemampuan untuk mengadsorpsi gas dan uap dari campuran gas dan zat-zat yang tidak larut atau yang terdispersi dalam cairan (Roy, 1985). Luas permukaan, dimensi, dan distribusi karbon aktif bergantung pada bahan baku, pengurangan, dan proses aktivasi. Berdasarkan ukuran porinya, ukuran pori karbon aktif diklasifikasikan menjadi 3, yaitu mikropori (diameter <2 nm), mesopori (diameter 2–50 nm), dan makropori (diameter >50 nm) (Baker 1997).

✓ Aktivasi Kimia Dengan Asam Sitrat

Asam sitrat bersifat korosif terhadap banyak logam seperti besi magnesium, seng, dan cadmium, yang membentuk gas hidrogen. Toksisitas dan sifat letal logam timbal (Pb) pada tubuh biota air dapat dihilangkan dengan penambahan larutan asam sitrat (Ahmad, 2004). Asam sitrat di sini digunakan untuk menghilangkan zat-zat pengotor sehingga akan mengaktifkan gugus-gugus aktif yang ada. Keberadaan lignin sebagai pengikat antar sel selulosa bersama-sama akan menghambat proses adsorpsi salah satunya dapat dihilangkan dengan larutan asam sitrat (Aziz dan Sarkanen, 1989).

2.8 Metode Batch

Studi adsorpsi menggunakan sistem batch dilakukan dalam sejumlah gelas erlenmeyer yang berisi larutan yang mengandung zat tertentu yang akan diadsorpsi pada konsentrasi dan volume tertentu. Pada tiap-tiap tabung dibubuhkan sejumlah adsorben dengan berat yang bervariasi. Selanjutnya larutan dan adsorben dalam tabung tersebut dikocok dalam waktu tertentu dan setelah itu konsentrasi larutan dianalisa. Selisih konsentrasi adsorbat sebelum dan setelah adsorpsi dianggap sebagai konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben. Besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh tiap satuan berat adsorben dapat dihitung dari tiap gelas erlenmeyer.

2.9 Isoterm Langmuir

Model Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben. Persamaan isoterm Langmuir:

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

Dimana :

- ✓ C_e = Konsentrasi Equilibrium (mg/l)
- ✓ q_e = Nilai Adsorpsi logam saat Equilibrium (mg/g)
- ✓ q_m = Nilai Serapan maksimum
- ✓ K_L = Nilai konstanta Langmuir

Isoterm Langmuir ini berdasar dengan asumsi bahwa adsorbent yang diuji memiliki sifat :

- ✓ Adsorben mempunyai permukaan yang homogen dan hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul adsorbennya. Tidak ada interaksi antara molekul-molekul yang terserap.
- ✓ Semua proses adsorpsi dilakukan dengan mekanisme yang sama.

Hanya terbentuk satu lapisan tunggal saat adsorpsi maksimum.

2.10 Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (multilayer) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site. Persamaan isoterm Freundlich:

$$x/m = K.Ce^{1/n}$$

$$\ln(x/m) = \ln K + 1/n \ln C$$

Dimana: x/m = Jumlah zat teradsorpsi tiap unit massa adsorben (mg/g)

C_e = Konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fase cair

K = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas

$1/n$ = Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

2.11 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) atau spektroskopi infra merah merupakan suatu metode yang mengamati menganalisa komposisi kimia dari senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material semikonduktor, sampel biologi, senyawa anorganik, dan mineral dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000 μm atau pada Bilangan Gelombang 13.000 – 10 cm^{-1} . Teknik spektroskopi infra merah terutama untuk mengetahui gugus fungsional suatu senyawa, juga untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan (Benny Rio, 2012).



Gambar 2.3 Alat FTIR

2.12 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas electron yang dipantulkan dengan energy tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkar electron akan memantulkan kembali berkas electron atau dinamakan berkas electron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas electron yang dipantulkan terdapat satu berkas electron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detector yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas electron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm.



Gambar 2.4 Alat SEM

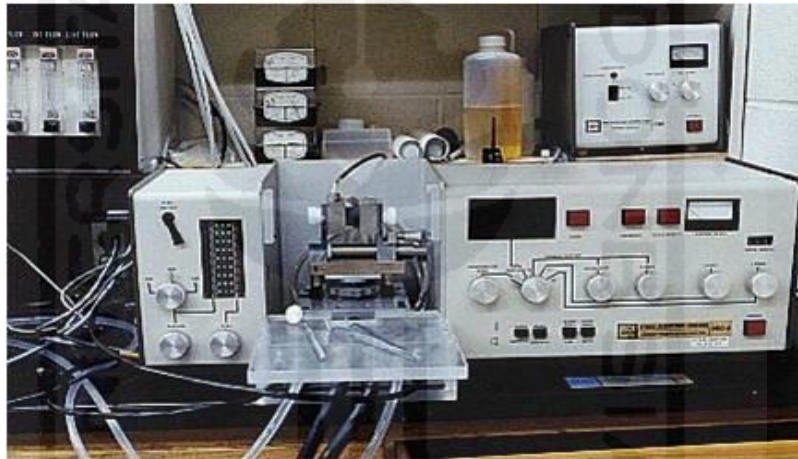
Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

- ✓ Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).
- ✓ Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit (IC)* dan *chip*, dan sebagainya).
- ✓ Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan, dan sebagainya).
- ✓ Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati (konduktifitas, sifat elektrik, kekuatan, dan sebagainya).
- ✓ Pancaran elektron yang dihasilkan dapat menghasilkan sinyal yang memodulasi berkas tersebut, sehingga akan menghasilkan gambar ke dalam bidang 300-600 kali lebih baik dari pada mikroskop optik dan juga dapat menghasilkan gambar tiga dimensi. Kebanyakan alat SEM mempunyai jangkauan magnifikasi dari 20x-100.000x.

2.13 Atomic Absorption Spectrophotometri (AAS)

Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas. Spektrofotometer serapan atom (AAS) merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas di berbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisisnya relatif murah, sensitivitasnya tinggi (ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisis sangat cepat dan mudah dilakukan. AAS pada umumnya digunakan untuk analisa unsur, spektrofotometer absorpsi atom juga dikenal sistem single beam dan double beam layaknya Spektrofotometer UV-VIS. Sebelumnya dikenal fotometer nyala yang hanya dapat menganalisis unsur yang dapat memancarkan sinar terutama unsur golongan IA dan IIA. Umumnya lampu yang digunakan adalah lampu katoda cekung yang mana penggunaannya hanya untuk analisis satu unsur saja.

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan dan tidak bergantung pada temperatur. Setiap alat AAS terdiri atas tiga komponen yaitu unit teratomisasi, sumber radiasi, sistem pengukur fotometerik. Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. AAS dapat digunakan untuk mengukur logam sebanyak 61 logam.



Gambar 2.5 Alat AAS

2.14 Acuan Penelitian

Mengumpulkan serta mempelajari data dari buku-buku, tulisan ilmiah dan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini yang selanjutnya akan digunakan sebagai referensi guna mempermudah penelitian. Penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

No	Nama jurnal	Proses	Hasil
1.	<i>High-Porosity Carbons Prepared From Bituminous coal with Potassium Hydroxide Activation</i> (Teng,1999)	Pembuatan karbon aktif dari batu bara dengan metode aktivasi kimia menggunakan KOH dengan dialiri gas N ₂ selama 0-3 jam pada rentang suhu 500-1000 °C	Hasil terbaik didapatkan pada perbandingan KOH/coal = 4.25 : 1 suhu 800 °C selama 1 jam dengan surface area 3000 m ² /g
2.	<i>Influence of Different Chemical Reagent on the Preparation of Activated Carbon from Bituminous Coal</i> (Teng,1999)	Pembuatankarbon aktif dari batu dengan metode aktivasi kimiawi dengan variasi activating agent ZnCl ₂ ,H ₃ PO ₄ dan KOH ,suhu 400-900 °C,selama 1 jam dengan atmosfer N ₂ .	Hasil terbaik di dapatkan pada aktivasi KOH,suhu aktivasi 800 °C dengan luas permukaan 3300 m ² /g
3.	<i>Production and characterrization of Activated Carbon from pine waste gasfied in a pilot reaktor</i> (Garcia, 2002)	Pembuatan karbon aktif dari limbah pinus dengan aktivasi KOH,dialiri gas N ₂ 41/min,dengan variasi suhu 725 – 800 °C selama 1 jam	Didapatkan karbon aktif dengan luas permukaan 1908 m ² /g volume mikropori = 0,678 cm ³ /g
4.	<i>Understanding chemical reaction between carbon and NaOh and KOH</i> (Lillo,2003)	Pencampuran bahan baku dengan NaOH (NaOH/C=3:1), diaktivasi dengan suhu 760 °C,dengan variasi gas atmosfer N ₂ , CO ₂ dan steam beserta variasi laju alir 40,100 dan 500 ml/min	Hasil terbaik dengan atmosfer N ₂ 500 ml/min,surface area 2193 m ² /g hasil terendah denagn CO ₂ , surface area 36 m ² /g
5.	<i>Adsorption Capacities of Activated Carbons Prepared from Bambo by KOH Activation</i> (Nuithitikul,2011)	Pembuatan karbon aktif dari bambu menggunakan KOH dengan ratio 2:1 pada suhu 800 °C dengan variasi waktu 1-3 jam serta dialiri N ₂	Hasil terbaik di dapatkan pada waktu aktivasi selama 3 jam dengan surface area 1532,8 m ² /g
6.	<i>Production and comparison of high surface area bambo derived active carbons</i> (Ip,2008)	Pembuatan karbon aktif dari bambu menggunakan aktivasi kimia menggunakan H ₃ PO ₄ dengan rentang suhu 600-900 °C serta dialirkan gas N ₂	Hasil terbaik didapatkan untuk H ₃ PO ₄ pada suhu 500 0C dengan surface area 1100 m ² /g dan untuk KOH pada suhu 600 °C dengan surface area 947 m ² /g