

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Adsorpsi**

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap yang membuat masuknya bahan yang mengumpul dalam suatu zat padat. Hal ini sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi (Giyatmi, 2008). Pada Adsorpsi ada yang disebut adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap.

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida (Saragih, 2008). Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena pori-pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai 2000 m<sup>2</sup>/g. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya. Adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan non polar (Saragih, 2008)

Pada dasarnya adsorpsi terbagi dalam dua jenis, 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 (Noll dkk., 1992).

## 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 (Noll dkk., 1992).

Faktor yang berpengaruh terhadap adsorpsi adalah waktu kontak, luas permukaan, kelarutan adsorbat, ukuran molekul adsorbat, pH, dan temperatur.

## 2.2 Adsorben

Adsorben merupakan padatan yang dapat menyerap larutan atau gas yang tercemar polutan. Kemampuan adsorben dalam menyerap materi pencemar (adsorbat) sangat mempengaruhi proses adsorpsi, kemampuan tersebut dipengaruhi oleh kesetimbangan dan kinetik. Padatan dengan kapasitas yang baik tetapi dengan kinetik yang lambat akan menyebabkan waktu yang diperlukan oleh molekul adsorbat untuk mencapai partikel *interior* menjadi terlalu lama. Ini berarti waktu tinggal gas yang panjang dalam kolom.

### **2.3 Biosorpsi**

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 dan 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)

Hasil-hasil penelitian tentang biosorpsi logam berat menunjukkan kapasitas pengikatan dari biomassa tertentu sebanding dengan resin penukar kation sintetik komersil (Ahluwalia dan Goyal, 2006). Proses biosorpsi terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion dimana ion monovalen dan divalent seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, tiol, hidroksi, fosfat dan hidroksi-karbonil yang berada pada dinding sel (Suhendrayatna, 2001).

### **2.4 Limbah Tulang Sapi**

Masalah yang sering muncul di tempat pemotongan daging sapi adalah tingginya tingkat penjualan tingkat penjualan akan mengakibatkan meningkatnya limbah tulang sapi. Menurut Perwitasari (2008) tulang sapi mengandung 58,30%  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; 7,07%  $\text{CaCO}_3$ ; 2,09%  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ; 1,96%  $\text{CaF}_2$  dan 4,62% kolagen. berdasarkan komposisi tersebut, maka tulang sapi memiliki potensi yang sangat besar dan bernilai. Salah satunya adalah memanfaatkan tulang sapi sebagai bahan adsorben. Tulang sapi sebagian besar terdiri dari senyawa anorganik yang biasanya berupa hidroksiapatit. Secara fisik hidroksiapatiti merupakan biokeramik dengan struktur permukaan memiliki pori-pori (Kubo dkk, 2003).



**Gambar 2.1** Tulang Sapi Yang dapat dijadikan Adsorbent  
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2016)

Secara kimia abu tulang terdiri dari oksidasi logam berupa 55,82% CaO; 42,39% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,40% MgO; 0,43% CO<sub>2</sub>; 0,09% SiO<sub>2</sub>; 0,08% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan 0,06% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Berdasarkan komposisi kimia dari tulang sapi abu tulang sapi terkandung CaO yang cukup tinggi, sehingga abu tulang sapi berpotensi sebagai adsorben. CaO merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan untuk *dehydrator*, pengering gas dan pengikat CO<sub>2</sub> pada cerobong asap. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Retno dkk., 2012) diperoleh daya serap CaO terhadap air dalam etanol sebesar 90%.

## 2.5 Bahaya Logam Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) memiliki karakteristik berwarna putih keperakan seperti logam aluminium, tahan panas, tahan terhadap korosi. Kadmium (Cd) digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel, dan plastik. Kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah, Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Logam kadmium (Cd) mempunyai penyebaran yang sangat luas di alam (Palar, 2004).

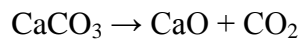
Kadmium akan mempengaruhi otot polos, pembuluh darah secara langsung maupun tidak langsung melalui ginjal. Kasus keracunan kadmium ditemukan di kota Toyouke Jepang yang dikenal dengan penyakit itai-itai atau aduh-aduh ketika bergerak (Juli, 2003). Kadmium juga dapat menyebabkan impotensi pada manusia dan merupakan penyebab kanker karena bersifat karsinogenik. Telah banyak ditemukan beberapa macam kanker yang terjadi pada manusia disebabkan oleh makanan dan minuman mereka yang mengandung logam berat, karena jika enzim bergabung dengan logam berat terutama enzim yang mengandung sulfur maka enzim tersebut berubah sifat menjadi penyebab kanker. Terhadap hewan misalnya ikan mas, akan mengalami kematian dalam waktu 96 jam jika dalam media hidupnya terkontaminasi logam Cd dengan rentang konsentrasi 1,092-1,104 ppm . Sedangkan bila tumbuhan yang terkontaminasi logam Cd, akan mengakibatkan terhambatnya peristiwa penyerapan partikulat-partikulat yang sangat dibutuhkan oleh chlorofil atau zat hijau daun dari tumbuhan (Palar, 1994).

Daya racun yang dimiliki logam Cd mempunyai konsentrasi berkisar antara 0,015 – 55 mg/L dan akan memperlihatkan sifat antagonis bila bertemu dengan logam-logam tertentu. Sifat antagonis adalah peristiwa di mana terjadi penurunan daya racun yang dimiliki oleh logam-logam beracun bila logam tersebut berkaitan dengan logam-logam lainnya. Logam Cd akan memperlihatkan sifat antagonisnya bila berkaitan dengan logam Zn, Cu, dan Fe (Priyatno, 2007).

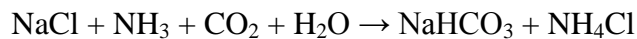
## **2.6 Asam Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )**

Natrium karbonat (juga dikenal sebagai *washing soda* atau soda abu), ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) adalah garam natrium dari asam karbonat. Ia paling umum sebagai heptahidrat kristal, yang mudah untuk membentuk bubuk putih, monohidrat tersebut. Natrium karbonat di dalam negeri, terkenal untuk penggunaan sehari-hari sebagai pelunak air.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dapat diekstraksi dari abu macam-macam tanaman dan secara sintetis dapat diproduksi dalam jumlah besar dari garam dan

kapur dalam proses yang dikenal sebagai proses Solvay. Pada 1861, industri kimia Belgia Ernest Solvay mengembangkan metode untuk mengkonversi natrium klorida untuk natrium karbonat menggunakan amonia. Proses Solvay berpusat di sekitar menara berongga besar. Pada bagian bawah, kalsium karbonat (kapur) dipanaskan sampai melepaskan karbon dioksida:



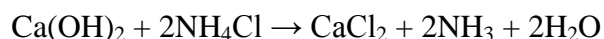
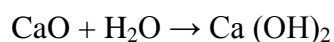
Di bagian atas, larutan pekat natrium klorida dan amonia memasuki menara. Sebagai karbon dioksida ditiupkan ke atas melalui itu, natrium bikarbonat diendapkan:



Para natrium bikarbonat kemudian diubah menjadi natrium karbonat dengan memberikan pemanasan, melepaskan air dan karbon dioksida:



Sementara itu, amonia itu regenerasi dari hasil sampingan amonium klorida dengan memperlakukannya dengan kapur (kalsium hidroksida) yang tersisa dari generasi karbon dioksida:

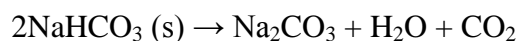


Karena proses Solvay mendaur ulang amonia, ia hanya mengkonsumsi air garam dan kapur, dan memiliki kalsium klorida sebagai produk limbah satunya. Hal ini membuat jauh lebih ekonomis daripada

proses Leblanc, dan segera datang untuk mendominasi dunia produksi natrium karbonat. Pada 1900, 90% natrium karbonat ini diproduksi oleh proses Solvay, dan pabrik Leblanc proses terakhir ditutup pada awal tahun 1920.

Dikembangkan oleh ahli kimia Cina Hou Debang di tahun 1930-an, beberapa langkah pertama adalah sama seperti proses Solvay. Namun, daripada mengobati solusi yang tersisa dengan kapur, karbon dioksida dan amonia dipompa ke dalam larutan, maka natrium klorida ditambahkan sampai larutan jenuh pada 40 ° C Selanjutnya, larutan didinginkan sampai 10 ° C. Amonium klorida presipitat dan dibuang oleh filtrasi, dan solusi didaur ulang untuk menghasilkan natrium karbonat lebih. Hou proses yang menghilangkan produksi kalsium klorida dan amonium klorida sampingan dapat disempurnakan atau digunakan sebagai pupuk.

Proses Soda (Bagian dari proses Solvay) Sodium Bicarbonate sudah tersedia sebagai Baking Soda. Pemanasan ini melepaskan air dan karbon dioksida:



## 2.7 Metode Batch

Metode batch yang dilakukan untuk studi adsorpsi biasa dilakukan dengan 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 (Slamet dan Masduqi, 2000).

## 2.8 Isoterm Langmuir

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

$$x/m = \frac{qm \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e} \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\frac{1}{x/m} = \frac{1}{qm \cdot b} \frac{1}{C} + \frac{1}{qm} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

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

$Q_0$  = Konstanta yang berkaitan dengan kapasitas adsorpsi (mg/g)

$b$  = Konstanta yang berkaitan dengan kecepatan adsorpsi (1/mg)

$C_e$  = Konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fase cair

(Slamet dan Masduqi, 2000)

## 2.9 Isoterm Freundlich

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



$$\boxed{x/m = K.Ce^{1/n}} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\boxed{\ln (x/m) = \ln K + 1/n \ln C} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

- Dimana:
- $x/m$  = Jumlah zat teradsorpsi tiap unit massa adsorben (mg/g)
  - $Ce$  = Konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fase cair
  - $K$  = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas
  - $1/n$  = konstanta freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

(Slamet dan Masduqi, 2000)

## 2.10 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 200nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Ayu, 2013).



**Gambar 2.2** Alat SEM

(Sumber: Directindustry, 2011 dalam Ayu, 2013)

### **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-senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material semikonduktor, sampel biologi, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000  $\mu\text{m}$  atau pada Bilangan Gelombang 13.000 – 10  $\text{cm}^{-1}$ . 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, 2012).

### **2.12 Spektrofotometri Serapan Atom**

Spektrofotometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektrofotometri adalah Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog et.al.2000)

Pada alat SSA terdapat dua bagian utama yaitu sel atom yang menghasilkan atom-atom gas bebas dalam keadaan dasarnya dan suatu sistem

optik untuk pengukuran sinyal. Suatu skema umum dari alat SSA adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{X\left(\left(\frac{P_0}{P}\right)-1\right)} = \frac{1}{XmC} + \frac{C-1}{XmC} X \frac{P}{P_0} \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

P = tekanan kesetimbangan adsorpsi

Po = tekanan jenuh adsorpsi

X = berat gas yang diserap pada tekanan kesetimbangan P

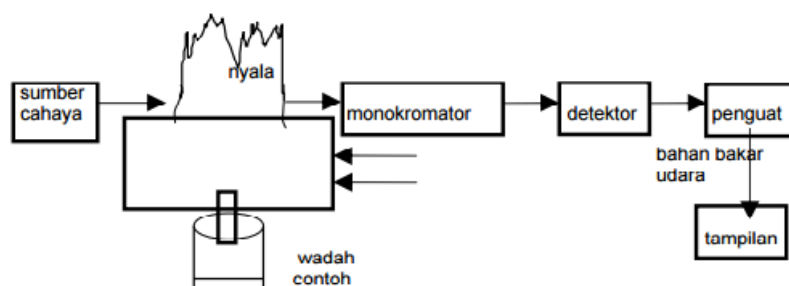
Xm = berat gas yang diserap sebagai lapisan tunggal

C = tetapan energi adsorpsi

P/Po = tekanan relatif adsorpsi



**Gambar 2.3** Surface Area Analyzer



**Gambar 2.4** Skema Umum Komponen Pada Alat SSA

(Sumber: Haswel, 1991)