

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan zat pencemar (adsorbat), baik pada fase cair dan gas. Adsorpsi adalah fenomena permukaan, maka kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben merupakan fungsi luas permukaan spesifik (Sawyer et al, 1994).

Molekul-molekul pada adsorben mempunyai gaya dalam keadaan tidak setimbang dimana gaya kohesi cenderung lebih besar daripada gaya adhesi. Gaya kohesi adalah gaya tarik-menarik antar molekul yang sama jenisnya, gaya ini menyebabkan antara zat yang satu dengan zat lainnya dapat terikat dengan baik karena molekulnya saling tarik-menarik. Ketidaksetimbangan gaya-gaya tersebut menyebabkan adsorben cenderung menarik zat-zat lain atau gas yang bersentuhan dengan permukaannya (Perwitasari, 2008).

Adsorpsi merupakan terjerapnya suatu zat molekul atau ion pada permukaan adsorben. Mekanisme penjerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu, jerapan secara fisika (*fisisorpsi*) dan jerapan secara kimia (*kemisorpsi*). Pada proses *fisisorpsi* interaksi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat adalah gaya *Van der Waals* dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Adsorpsi fisika ini memiliki gaya tarik *Van der Waals* yang kekuatannya relatif kecil. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol (Castellan, 1982). Proses adsorpsi kimia merupakan interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya *van der waals* atau melalui ikatan hidrogen. Kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi setelah membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins, 1999). Faktor yang berpengaruh terhadap adsorpsi adalah waktu kontak, luas permukaan, pH, suhu, temperature dan luas permukaan adsorben.

## 2.2 Adsorben

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/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).

## 2.3 Limbah Tulang Sapi

Masalah yang sering muncul di tempat pemotongan daging sapi adalah tingginya 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 berpotensi sebagai adsorben. 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**  
(Sumber: Data Primer)

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%.

Konsumsi daging sapi di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) tahun 1998 sebesar 3.672.952 kg, tahun 1999 sebesar 3.458.792 kg turun 6,19% dari konsumsi tahun 1998. Konsumsi tahun 2000 sebesar 4.427.995 kg atau naik 27,89% dari konsumsi tahun 1999, tahun 2001 sebesar 4.417.825 kg atau turun 0,23% dari tahun 2000. Secara rata-rata konsumsi daging sapi di DIY naik 7,16% per tahun (BPS DIY, 2001). Konsumsi kebutuhan daging sapi menyebabkan peningkatan permintaan daging sapi 60 (enam puluh) ekor sapi yang dipotong perhari di Rumah Potong Hewan (RPH) Yogyakarta. Data tersebut belum termasuk yang berada di RPH resmi Giwangan dan Jetis serta rumah potongan hewan yang milik pribadi (Dinas Peternakan, 2011). Melihat sapi yang dipotong perhari maka banyak tulang sapi yang dihasilkan dari beberapa RPH dijadikan satu menjadi rata-rata perbulan sangat banyak tulang yang terbuang. Bagian tulang yang masih dapat jual antara lain bagian rusuk, iga, sekengkel, tulang ekor, ujung kaki depan dan belakang. Menurut data yang diperoleh sisa tulang sapi yang dihasilkan 20% dari 1 ekor sapi (Natasasmita, 1998).

#### **2.4 Kadmium (Cd)**

Kadmium (Cd) logam berat yang berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dan basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan Kadmium Oksida bila dipanaskan. Kadmium (Cd) biasanya digunakan untuk elektrolis, bahan pigmen untuk industri cat, dan palstik. Kadmium (Cd) biasanya selalu dalam bentuk campuran dengan logam lain terutama dalam bidang pertambanganya timah hitam dan seng (Darmono, 1995). 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 (Palar, 2004).

Kadmium (Cd) dalam tubuh terakumulasi dalam hati dan terutama terikat sebagai metalotionein mengandung unsur sistein, dimana Kadmium (Cd) terikat dengan gugus sulfhidril (-SH) dalam enzim seperti karboksil sisteinil, histidil, dan fosfatil dari protein purin. Kemungkinan besar pengaruh toksisitas kadmium (Cd) disebabkan oleh interaksi antara kadmium (Cd) dan protein tersebut, sehingga menimbulkan hambatan terhadap aktivitas kerja enzim dalam tubuh (Darmono, 2001).

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 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).

## 2.5 Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$ )

Asam Nitrat atau *nitric acid* atau *aqua fortis*, ( $\text{HNO}_3$ ) adalah asam kuat yang sangat korosif. Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) merupakan asam yang kuat, mudah bereaksi dengan alkali, oksidasi dengan membentuk garam. Asam nitrat sangat sulit dibuat cairan karena kecenderungannya terdekomposisi menjadi nitrogen oksidasi. Asam nitrat merupakan oksidasi yang kuat terhadap bahan organik seperti *charcoal*, dan alkohol. Cairan asam nitrat biasanya memberikan nitrogen oksidasi dan asam yang dihasilkan kaya akan nitrogen dioksida. Berdasarkan sifatnya asam nitrat termasuk kategori Bahan Kimia Berbahaya  $\text{HNO}_3$  merupakan cairan asam yang beracun dan dapat menyebabkan luka bakar.

Asam nitrat mempunyai dua macam hidrat yang dikristalkan dari larutan asam nitrat. Kedua hidrat tersebut adalah monohidrat yang mempunyai rumus kimia  $\text{HNO}_3\text{H}_2\text{O}$  dengan konsentrasi 77,77% berat dan mempunyai titik didih 37,62%. Sedangkan trihidrat mempunyai rumus kimia  $\text{HNO}_3\text{H}_2\text{O}$  dengan konsentrasi 53,83% berat dan mempunyai titik didih 18,47%. Kebanyakan asam nitrat diproduksi secara komersial dengan konsentrasi produk 60%-65% melalui proses oksidasi dengan bahan baku amonia. Selain itu asam nitrat dapat diproduksi dengan konsentrasi 96% dengan proses retort dengan bahan baku natrium nitrat dan asam sulfat dimana menghasilkan asam nitrat dan natrium biosulfat.

## 2.6 Metode *Batch*

Studi adsorpsi menggunakan sistem *batch* dilakukan dalam sejumlah gelas Erlenmeyer yang berisi larutan yang mengandung zat tertentu. Pada tiap-tiap tabung dibutuhkan selanjutnya adsorben dengan berat yang bervariasi. Selanjutnya larutan dan adsorben dalam tabung tersebut diaduk 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 (Agus dan Ali, 2000).

## 2.7 Fourier Transform Infrared (FTIR)

*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) atau spektroskopi infra merah merupakan suatu metode yang mengamati dan menganalisa komposisi kimia dari senyawa-senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material semi konduktor, 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 (Rio, 2011).

## 2.8 Scanning Electron Microscopy (SEM)

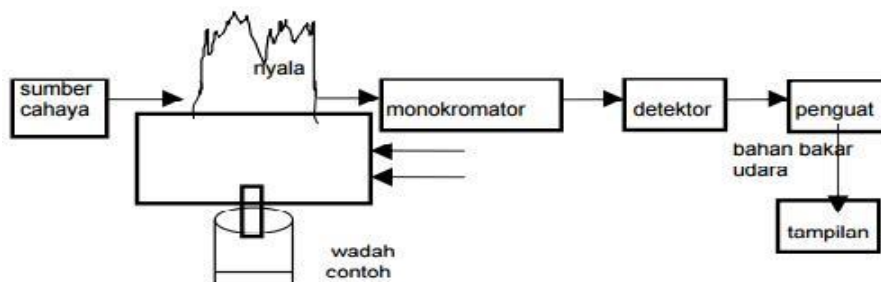
SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis *mikroskop elektron* yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detector yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron 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 (Erdina, 2013).

## 2.9 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

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 dapat dilihat pada **Gambar 2.3** sebagai berikut:



**Gambar 2.2 Skema Umum Komponen Pada Alat SSA**

(Sumber: Haswel, 1991)

## 2.10 Isoterm Langmuir

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

Persamaan isoterm Langmuir:

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

$$\boxed{\frac{1}{\frac{x}{m}} = \frac{1}{qm \cdot b} \frac{1}{C} + \frac{1}{qm}} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

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

## 2.11 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:

$$\boxed{x/m = K \cdot C_e^{1/n}} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\boxed{\ln (x/m) = \ln K + 1/n \ln C} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

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.