

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Zeolit**

Zeolit ditemukan di Indonesia pertama kali pada tahun 1980 di Bayah, Jawa Barat oleh PPTM (Pusat Penelitian Teknologi Mineral) Bandung, sampai saat ini telah ditemukan di 43 lokasi di Indonesia (Sutarti,1997). Mineral zeolit banyak ditemukan di alam sebagai batuan sedimen vulkano. Penyusun utama zeolit adalah modernit dan klinoptilonit dalam berbagai variasi komposisi. Mineral lain yang terkandung di dalamnya adalah kuarsa, kristobalit, plabioklas, kalium veldspar, ilit, hallosit dan kalsit (Sutarti,1997).

Istilah zeolit berasal dari bahasa Yunani (“zein” yang berarti membuih dan “lithos” berarti batu) dimana air dalam rongga zeolit akan mendidih bila dipanaskan pada suhu 100 °C. Zeolit didefinisikan sebagai senyawa aluminosilikat yang mempunyai kerangka dengan rongga di dalamnya. Rongga tersebut terisi ion-ion logam alkali/alkali tanah yang dikelilingi oleh molekul-molekul air. Keduanya bebas bergerak dan mudah dipertukarkan. Berdasarkan sifat fisika dan kimia zeolit tersebut, zeolit banyak dimanfaatkan sebagai penukar ion, adsorben, penyaring molekuler dan katalis (Sutarti,1997).

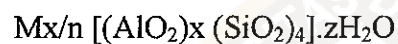
Zeolit dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu zeolit alam dan zeolit sintesis. Zeolit alam terbentuk karena alterasi ion Si dari debu vulkanis yang terhidroksida. Deposit yang terbentuk kompleks dan tidak seragam. Pada kenyataannya sedimentasi zeolit berlangsung secara kontinu pada dasar-dasar lautan.

Zeolit disintesis agar mempunyai sifat khusus sesuai keperluannya. Sintesis dilakukan berdasarkan sifat zeolit yang unik, yaitu modifikasi dari susunan atom maupun komposisi (Ribeiro,1984).

### 2.1.1 Struktur dan Komposisi Zeolit

Zeolit merupakan kristal berongga yang terbentuk oleh jaringan Al-Si tetrahedral 3 dimensi dan mempunyai struktur yang relatif teratur dengan rongga yang di dalamnya terisi oleh ion logam alkali/alkali tanah sebagai penyumbang muatannya (Sutarti,1997).

Rumus molekul zeolit:

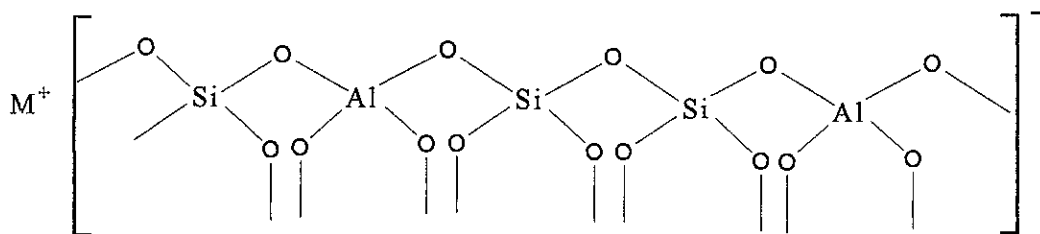


Dimana M : kation alkali/alkali tanah valensi n yang dapat dipertukarkan

[ ] : kerangka alumina silikat

z H<sub>2</sub>O : air zeolit

Zeolit terdiri atas 3 komponen yaitu kation yang dipertukarkan, kerangka aluminium silikat, dan fasa air. Ikatan ion Al-Si-O membentuk struktur kristal, sedangkan logam alkali merupakan sumber kation yang mudah dipertukarkan.



Gambar 2.1 Struktur zeolit secara umum

Dalam struktur tersebut  $\text{Al}^{3+}$  dapat diganti dengan  $\text{Si}^{4+}$ . Substitusi  $\text{Al}^{3+}$  oleh  $\text{Si}^{4+}$  dalam struktur, membuat ketidakseimbangan listrik dan mempertahankan kenetralan listrik secara keseluruhan, tiap tetrahedral ( $\text{AlO}_4$ ) membutuhkan muatan positif penyeimbang. Ini diselidiki oleh kation elektrostatis dalam zeolit (Lisley and Elain, 1992).

### 2.1.2 Sifat Kimia zeolit

Zeolit merupakan struktur berongga yang diisi oleh air dan kation yang dapat dipertukarkan dan mempunyai ukuran pori yang tertentu. Oleh sebab itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, penukar ion, adsorben dan katalisator.

Sifat zeolit meliputi :

#### a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan efektif berinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dilepaskan (Sutarti, 1997).

#### b. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation, bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300-400 °C, maka air tersebut akan keluar sehingga dapat berfungsi sebagai penyerap

gas/cairan. Dehidrasi menyebabkan zeolit mempunyai struktur pori yang terbuka dan mempunyai luas permukaan internal yang luas sehingga mampu mengadsorpsi sejumlah besar substansi selain air. Ukuran cincin utama dalam rongga menentukan ukuran molekul yang dapat diadsorpsi. Zeolit mempunyai kemampuan spesifik yang tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk pemurnian/pemisahan (Sutarti,1997).

#### c. Penukar ion

Ion-ion pada rongga/kerangka berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion dapat digerakkan secara bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung pada ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit tergantung dari sifat kation, suhu dan jenis kation. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktivitas katalitik (Sutarti,1997).

#### d. Katalis

Ciri dari zeolit yang menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran di dalam strukturnya. Bila zeolit digunakan pada proses penyerapan/katalitis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori yang besar dan permukaan yang luas (Sutarti,1997).

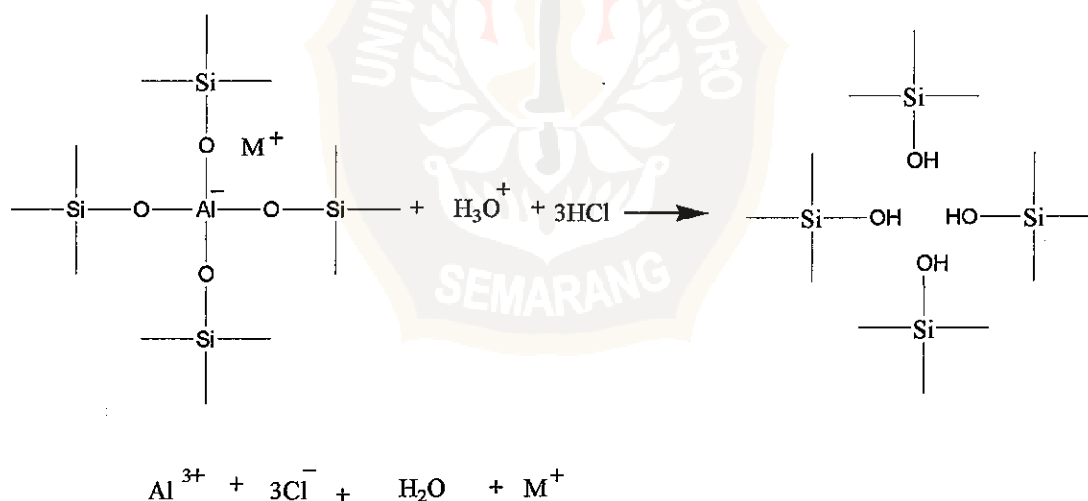
#### e. Penyaring/pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas/zat lain dari suatu campuran tertentu karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam (berkisar 2-8 Å). Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa

dalam kristal-kristal ini menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul. Molekul yang berukuran lebih kecil dapat masuk ke dalam pori sedangkan yang berukuran lebih besar akan tertahan/ditolak (Sutarti,1997).

## 2.2 Dealuminasi Zeolit

Dealuminasi adalah proses pengusiran Al dari kerangka zeolit, hal ini berpengaruh terhadap perbandingan Si/Al. Rongga/tempat yang ditinggalkan oleh atom Al diharapkan dapat diisi oleh atom silikon, bentuk zeolit dengan kandungan silikon yang tinggi relatif lebih stabil pada suhu tinggi (Hamdan,1992). Zeolit rentan terutama jika diserang oleh asam karena sebagian besar lokasi aluminasinya terletak di permukaan dan sedikit sekali yang terlindung. Model pemisahan Al dari kerangkanya akibat perlakuan asam adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.2** Mekanisme reaksi dealuminasi dengan perlakuan asam

Dealuminasi dilakukan untuk mengoptimalkan rasio Si/Al dalam zeolit dengan pengurangan Al sehingga menjadi lebih stabil pada suhu tinggi dan memiliki sifat non polar. Dealuminasi juga dimaksudkan untuk mengontrol aktivitas keasaman maupun selektivitas zeolit. Szostak (1991) melaporkan bahwa modernit dan zeolit-zeolit beraluminasi tinggi dapat didealuminasi dengan cara mereaksikan modernit tersebut dengan asam-asam (HF dan HCl). Dengan perlakuan asam HF dan HCl ternyata mengakibatkan atom Si menggantikan tempat Al yang sudah kosong, sedangkan perendaman dengan HF mengakibatkan meningkatnya keasaman dan menurunnya kekristalan zeolit. Selain itu perlakuan dengan HCl mengubah sifat-sifat zeolit alam yang meliputi rasio Si/Al, keasaman dan kekristalan zeolit (Szostak, 1991).

Berdasarkan rasio Si/Al zeolit dapat digolongkan sebagai berikut:

a. Zeolit silika rendah

Zeolit ini hampir jenuh oleh Al dalam kerangkanya dengan perbandingan Si/Al mendekati 1(satu). Bentuk kerangka molekul merupakan tetrahedral aluminosilikat dan banyak mengandung logam-logam kation. Kedua sifat ini menimbulkan permukaan yang sangat heterogen, selektif terhadap air dan senyawa polar serta berguna untuk pemisahan/pemurnian. Volume pori-pori dapat mencapai  $0,5 \text{ cm}^3/\text{volume zeolit (cm}^3\text{)}$ .

b. Zeolit silika sedang

Zeolit jenis ini lebih stabil terhadap panas dan asam dari pada zeolit silika rendah dan mempunyai ratio Si/Al = 5. Permukaannya masih heterogen dan sangat

selektif terhadap air dan molekul polar lainnya. Contohnya modernit, erionit, klinoptilonit.

#### c. Zeolit silika tinggi

Zeolit ini mempunyai ratio Si/Al antara (10-100) bahkan lebih. Permukaannya mempunyai karakteristik lebih homogen dan selektif terhadap senyawa organik non polar. Zeolit ini sangat kuat untuk menyerap molekul-molekul organik yang rendah kepolarannya dan hanya sedikit bereaksi dengan air dan molekul yang kepolarannya lebih tinggi. Contohnya ZSM-5, ZSM-11, ZSM-21.

#### d. Zeolit Si

Zeolit Si tidak mengandung Al dan kation serta bersifat organofilik-hidrofobik serta mampu memisahkan molekul organik dari air. Silikasil mempunyai kekurangan gugus hidroksil yang mampu berinteraksi dengan molekul air dan molekul polar. Contohnya adalah zeolit silika/silikasil (Sutarti, 1997).

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu fenomena yang terjadi pada permukaan karena terdapat gaya-gaya yang tidak seimbang pada batas antar permukaan sehingga menyebabkan perubahan jumlah molekul (Oscik, 1982). Molekul dan atom dapat menempel pada permukaan dengan dua cara. Ikatan antara padatan dengan gugus dapat bersifat fisik (fisorpsi) maupun bersifat kimia (kemisorpsi). Fisorpsi disebut juga adsorpsi van der Waals, terjadi karena interaksi gaya molekuler, membentuk lapisan fisika seperti

pengembunan uap. Fisisorpsi bersifat reversibel sehingga semua adsorbat dapat dilepas kembali dengan menurunkan tekanan (Atkins, 1997).

Proses kemisorpsi terjadi karena terbentuknya interaksi tumpang tindih orbital molekul permukaan dan membentuk kestabilan. Kemisorpsi bersifat irreversible, sehingga untuk melakukan desorpsi diperlukan banyak energi (Atkins, 1997). Menurut Adamson (1990) panas adsorpsi yang menyertai adsorpsi kimia berkisar antara 423-420 kJ/mol, sedangkan batas minimum terjadinya adsorpsi kimia adalah 20,92 kJ/mol. Panas adsorpsi fisik antara 10-40 kJ/mol.

## 2.4 Indigo Carmine

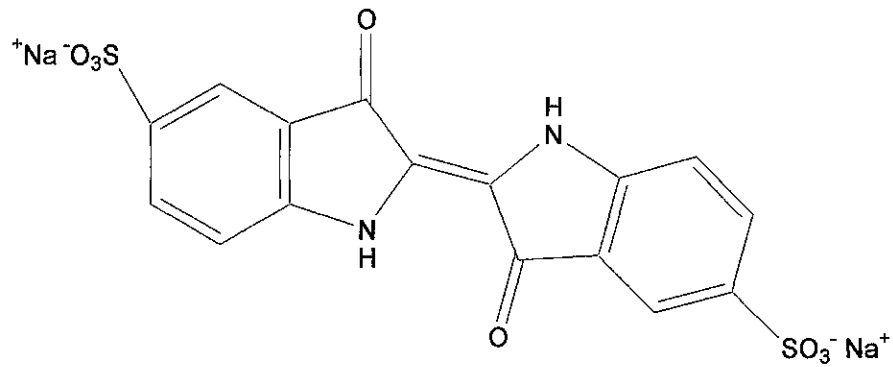
Suatu zat warna adalah senyawa organik berwarna yang digunakan untuk memberi warna ke suatu obyek atau suatu kain. Agar dapat digunakan sebagai pewarna, senyawa itu harus tidak luntur (tetap pada kain selama pencucian) (Fessenden, 1992). Jadi sesuatu zat dapat sebagai zat warna apabila:

- zat warna tersebut mempunyai gugus yang dapat menimbulkan warna
- zat warna tersebut mempunyai gugus yang dapat mempunyai afinitas terhadap serat tekstil auksokrom.

Indigo carmine adalah salah satu zat warna aktif yang banyak digunakan sebagai pewarna jeans. Zat warna indigo carmine mempunyai rumus molekul  $C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$ , dengan berat molekul 466,35 gram/mol. Zat warna asli dihasilkan dari jenis indigofera, leguminase senyawa ini diperoleh dari glukosida (Fessenden, 1992). Indigo carmine berwarna biru gelap, dan mengalami sublimasi pada



temperatur  $300^{\circ}\text{C}$  dan terdekomposisi pada suhu  $390^{\circ}\text{C}$ , sedikit larut dalam alkohol dan larut dalam pelarut organik (Merck indeks, 1978).



**Gambar 2.3.** Struktur Indigo carmine

