### BAB II

#### TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1. Zeolit alam

#### 2.1.1 Struktur zeolit

Menurut Smith<sup>(12)</sup> zeolit adalah alumina silikat dengan struktur kerangka berpori yang berisi molekul air dan kation yang dapat bergerak bebas. Kerangka zeolit tersusun dari gabungan tetrahedral dengan tetrahedral TO<sub>4</sub> (T: Si, Al ) dengan oksigen sebagai atom penghubung diantara dua tetrahedral tersebut.

Gb.1. Struktur zeolit

Rumus kimia zeolit adalah M<sub>2n</sub>.O.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.xSiO<sub>2</sub>.yH<sub>2</sub>O dimana M: alkali atau alkali tanah; n: muatan kation; x: banyaknya atom Si dan y: banyaknya molekul air

## 2.1.2. Sifat kimia zeolit

Zeolit mempunyai struktur berongga sehingga dapat berfungsi sebagai adsorben ion atau molekul yang ada didekatnya. Ion atau molekul yang cocok terdifusi kedalam sistim rongga zeolit dan didistribusikan keseluruh bagian intra

kristalin sehingga ion atau molekul tersebut terperangkap didalamnya sehingga zeolit dapat berperan sebagai adsorben<sup>(11)</sup>.

Sistim rongga dalam struktur zeolit diisi oleh kation dan molekul air. Dehidrasi molekul air dapat dengan mudah terjadi dengan pemanasan, akibatnya zeolit akan menjadi lebih aktif karena permukaan zeolit tidak terlindungi sehingga medan listriknya akan menjadi luas sampai kedalam rongga lebih dalam dan akan berinteraksi dengan molekul yang ada didekatnya<sup>(11)</sup>.

Subtitusi Si<sup>4+</sup> oleh Al<sup>3+</sup> menyebabkan zeolit bermuatan negatif, muatan tersebut disetimbangkan oleh kation yang ada bersama dengan molekul air. Kation tersebut dapat bergerak bebas dalam saluran dan rongga zeolit sehingga dapat dipertukarkan dengan kation lain pada kondisi tertentu sehingga zeolit dapat berperan sebagai penukar kation<sup>(11)</sup>.

Zeolit mempunyai sistim struktur berpori dan *internal surface* yang besar yang berada dalam fase padat sehingga zeolit digolongkan sebagai katalis heterogen. Persyaratan utama pada katalis jenis ini adalah bahwa molekul-molekul reaktan teradsorpsi kepermukaan katalis sedemikian rupa sehingga menyebabkan energi aktivasi yang diperlukan untuk reaksi menjadi berkurang. Zeolit mempunyai persyaratan tersebut diatas sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai katalis<sup>(11)</sup>.

# 2.2. Impregnasi basah

Impregnasi basah adalah suatu metoda untuk mendispersikan garam logam kedalam penyangga dengan cara perendaman. Adanya gaya kapiler yang disebabkan oleh perbedaan tekanan antar lapisan permukaan, larutan garam akan masuk kedalam pori-pori penyangga dan didistribusikan keseluruh bagian intra kristalin<sup>(6)</sup>.

Secara teoritis konsentrasi zat terlarut sama pada semua titik didalam pori, tetapi pada kasus tertentu rendahnya kekentalan dari pelarut ( air ) menyebabkan difusi pelarut lebih cepat dari pada zat terlarut sehingga dibutuhkan waktu perendaman cukup lama untuk mencapai keadaan homogen<sup>(6)</sup>.

Menurut Weisz dan Bonneviot<sup>(13)</sup>, pada saat perendaman terjadi proses sebagai berikut:

- 1. Perpindahan garam dari badan pelarut ke permukaan penyangga.
- Difusi garam melalui pori-pori penyangga, dalam hal ini jika padatan penyaring kering maka larutan akan terpenetrasi kedalam pori dengan gaya kapilaritas.
- 3. Sisa garam akan terdeposit diatas permukaan pori penyangga, proses tersebut terjadi secara simultan dengan kedua langkah diatas.

Pada proses perendaman keadaan kesetimbangan akan tercapai dalam waktu yang cukup lama karena kecilnya koofisien difusi untuk fase larutan. Weisz dan Harriot<sup>(14)</sup> menyatakan bahwa waktu perendaman yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan sesuai dengan persamaan berikut ini

$$t_d^2 = Ro(1+p)B/D_LE$$
 (1)

Sedangkan konsentrasi kesetimbangannya

$$C_0V_0 = C_{eq}[V_0 + (f_0 + P)E]$$
 (2)

dimana

 $t_d$ : Karakteristik waktu difusi  $D_L$ : Koofisien difusi untuk fase larutan

R<sub>o</sub> : Jari-jari pelet E : Porositas spesifik penyangga

P : Parameter karakteristik C<sub>o</sub> : Konsentrasi awal

interaksi antara pelet dengan C<sub>eq</sub> : Konsentrasi kesetimbangan

komponen aktif f<sub>o</sub>: Bagian volume yang

B : Koofisien tautositas terisi oleh pelarut

#### 2.2.1. Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Peristiwa adsorpsi disebabkan oleh gaya tarik molekul-molekul pada permukaan adsorben. Peristiwa ini dapat dijelaskan melalui tegangan permukaan suatu padatan. Molekul-molekul yang ada didalam zat padat mendapat gaya yang sama dari semua arah, sedangkan molekul-molekul yang ada dipermukaan zat padat mendapat gayagaya yang tidak sama sehingga untuk mengimbangi gaya-gaya bagian dalam maka permukaan zat padat akan menarik molekul lain (gas, cairan) yang ada didekatnya. Gaya tersebut relatif lemah dan disebut gaya Van der waals. Kecepatan adsorpsi dipengaruhi pH, ukuran molekul, temperatur dan konsentrasi<sup>(2)</sup>.

Ada dua macam adsorpsi yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisika gaya yang menahan adsorpsi molekul-molekul cairan kepermukaan padatan relatif lemah (gaya Van der waals). Panas yang terlibat pada proses adsorpsi ini kurang dari 10 kcal per mol adsorben. Kesetimbangan antara molekul-molekul cepat tercapai dan bersifat reversibel karena kebutuhan energinya relatif kecil<sup>(2)</sup>. Sedangkan pada adsorpsi kimia melibatkan gaya-gaya yang jauh lebih besar dari pada adsorpsi fisika. Panas yang terlibat pada adsorpsi ini lebih dari 20 kcal per mol adsorben. Adsorpsi ini membentuk molekul baru dan prosesnya irevesibel. Adsorpsi kimia dipengaruhi oleh sifat kimia dan fisika dari adsorben dan adsorbat ( luas permukaan, ukuran pori, komposisi kimia, ukuran molekul, polaritas molekul, sifat fasa cair ( pH, temperatur ), konsentrasi adsorbat, waktu kontak antara adsorbat dan adsorben<sup>(2)</sup>.

Terdapat dua tipe adsorpsi pada sistem larutan yaitu:

# a. Adsorpsi isotherm Freundlich

Proses adsorpsi dijelaskan dengan persamaan matematik dengan mengasumsikan bahwa jumlah zat yang teradsorpsi adalah fungsi konsentrasi seperti diperlihatkan oleh persamaan berikut ini:

$$Y = kC^{1/n}$$
 (3)

Dimana Y: jumlah adsorbat per gram adsorben, C: konsentrasi adsorbat dalam larutan (mol/l), n dan k: Konstanta yang dapat diperoleh dari percobaan.

persamaan tersebut hanya berlaku pada fase adsorbat dan adsorben dalam kondisi tenperatur tetap. Untuk menguji kelayakan persamaan adsorpsi isotherm Freundlich, maka data adsorpsi hasil percobaan dialurkan kebentuk persamaan logaritma sebagai berikut:

$$\log Y = \log k + 1/n \log C \tag{4}$$

Kemudian diplotkan kedalam bentuk grafik log Y vs log C, maka harga k dan n dapat diketahui.

b. Adsorpsi isotherm Langmuir

Adsorpsi isotherm Langmuir didasarkan pada pertimbangan teoritis sebagai berikut:

- 1. Fase teradsorpsi berasal dari lapisan molekul dengan molekul lainya (monolayer).
- 2. Sistim dalam keadaan kesetimbangan, kecepatan adsorpsi sama dengan kecepatan desorpsi.
- 3. Kecepatan adsorpsi sebanding dengan konsentrasi dan fraksi dari permukaan adsorben yang kosong.
- Kecepatan desorpsi sebanding dengan fraksi dari permukaan yang terisi adsorbat.

Jika  $\theta$  adalah fraksi dari permukaan yang terisi adsorbat dan (1- $\theta$ ) adalah fraksi dari permukaan yang kosong, maka

$$k_1(1-\theta)C = k_2\theta \tag{5}$$

$$\theta = k_1 C/(k_2 + k_1 C) \tag{6}$$

jika k dinyatakan k1/k2 persamaan tersebut menjadi

$$\theta = kC/(1 + kC) \tag{7}$$

ketika fraksi dari permukaan terisi maka sama dengan Y/Ymax, sehingga persamaan menjadi

$$Y/Ymak = kC/(1 + kC)$$
 (8)

Persamaan dirubah menjadi

$$C/Y = 1/k \ Y max + C/Y max$$
 (9)

Persamaan tersebut disebut persamaan adsorpsi isotherm Langmuir<sup>(15)</sup>.

#### 2.2.2. Difusi

Difusi menurut hukum Fick's didefinisikan perpindahan molekul dari suatu bagian kebagian lain dalam sistem rongga kristal yang merupakan fungsi konsentrasi, yang dapat dinyatakan dengan persamaan berikut

$$F = -D(dC/dX)$$
 (10)

Dimana F: kecepatan difusi; D: koofisien difusi; dC/dX: perubahan konsentrasi adsorbat.

Menurut Weisz, mekanisme penyerapan dan difusi karena adanya gaya kapilaritas yang berlangsung pada waktu perendaman, maka larutan akan masuk

kedalam pori-pori zat padat. Tekanan yang menyebabkan adanya gaya kapiler tersebut adalah tekanan kapiler (Pcap) yang tergantung pada tegangan permukaan dari larutan ( $\gamma$ ), sudut kontak antara larutan dan penyangga ( $\theta$ ), karakteristik ukuran pori (r). Persamaannya sebagai berikut:

$$Pcap = (2\gamma_L \cos\theta)/r \tag{11}$$

Difusi sangat tergantung pada ukuran dan bentuk pori, mean free part  $(\lambda)$  yaitu jarak rata-rata perjalanan sebuah molekul sebelum bertumbukan dengan molekul lain<sup>(6)</sup>. Berdasar hal tersebut terdapat tiga tipe difusi yaitu:

#### 1. Difusi Knudsen

Molekul berdifusi melalui kapiler dimana diameternya lebih kecil dari pada  $\lambda$  sehingga difusi hanya dipengaruhi oleh tumbukan antar molekul dan dinding bahan<sup>(6)</sup>

#### Difusi molekular

Difusi molekular merupakan kebalikan dari difusi knudsen, dimana diameter pori lebih besar dari pada  $\lambda$ , sehingga difusi hanya bergantung hanya pada perjalanan molekul<sup>(6)</sup>.

# 3. Difusi transisi

Jika jarak perjalanan molekul dan diameter pori berukuran berimbangn sehingga difusi bergantung pada tumbukan antar molekul dan tumbukan antara molekul dengan dinding zat padat<sup>(6)</sup> (12).

Difusi juga sangat bergantung pada temperatur

$$D = Do e^{-Ea/RT}$$
 (14)

dimana D: koofisien difusi; Ea: energi aktivasi; R: konstanta bolzmant; T: suhu

Dari persamaan 14 terlihat bahwa koofisien difusi akan meningkat dengan meningkatnya temperatur, karena temperatur yang meningkat menyebabkan pergerakan molekul adsorbat menjadi lebih aktif sehingga frekwensi interaksi adsorbat dengan acsorben menjadi lebih nyata.

