



Fasa penjerap (*adsorping phase*) yang berfungsi menjerap bahan lain disebut adsorben (*adsorbent*) atau zat pengadsorpsi. Zat yang terkonsentrasi atau teradsorpsi pada permukaan fasa lain disebut adsorbat (*adsorbete*).

Adsorpsi pada permukaan atau antar permukaan, sejumlah besar diakibatkan oleh gaya-gaya ikatan diantara masing-masing atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul dari adsorbat dan permukaan adsorben, semua gaya ini pada dasarnya adalah interaksi elektromagnetik.

Pada prinsipnya proses adsorpsi dapat dibedakan atas empat tipe diantaranya adalah sebagai berikut [Tasrif, 1997]:

a. Adsorpsi pertukaran (*exchange adsorption*)

Adsorpsi pertukaran, lebih sering dikenal dengan pertukaran ion (*ion exchange*) adalah melibatkan tarik-menarik elektrostatis spesies ionik dari posisi muatan yang berlawanan pada permukaan Adsorben. Dimana afinitas elektrostatis dari spesies ion yang akan menggantikan harus lebih besar dari ion-ion yang telah di adsorpsi pada mulanya atau ion-ion yang terdapat pada permukaan adsorben.

b. Adsorpsi fisika (*physical adsorption*)

Terjadinya proses adsorpsi pada adsorpsi fisika adalah disebabkan karena gaya Van der Waals dan gaya elektrostatis. Gaya Van der Waals yang juga dikenal dengan gaya inversi disebabkan oleh karena perubahan lintasan elektron pada suatu atom. Adsorpsi fisika bersifat dapat balik (*reversible*), terjadi pada hampir semua permukaan dibawah pengaruh temperatur dan tekanan. Sifat bahan (adsorbat) tidak berubah.

c. Adsorpsi kimia (*chemical adsorption*)

Adsorpsi kimia diakibatkan karena terjadinya reaksi antara adsorbat dan adsorben yang menyebabkan terjadinya perubahan sifat kimia dari adsorbat. Adsorpsi kimia juga dikenal dengan adsorpsi tak dapat balik atau *irreversible*.

d. Adsorpsi spesifik (*specific adsorption*)

Adsorpsi spesifik terjadi apabila gugus fungsi molekul adsorbat melekat pada permukaan adsorben atau berinteraksi, namun adsorbat tidak mengalami transformasi.

Pemilihan adsorben ini didasarkan pada kapasitas, selektifitas, kecepatan penjerapan, tidak mengandung bahan pencemar yang berbahaya, murah harganya dan mudah regenerasinya. Dalam proses penjerapan permukaan adsorben yang sifatnya polar akan mengikat molekul yang sifatnya polar, sedangkan permukaan adsorben non polar akan mengikat molekul yang sifatnya polar [Manthel dalam Sunarno, 2000].

Beberapa sifat adsorben yang perlu diperhatikan adalah :

O Luas permukaan

Semakin halus partikel adsorben, semakin luas permukaan adsorben tersebut, hal ini akan mempermudah dan mempercepat proses adsorpsi.

O Ukuran pori

Kebanyakan adsorben adalah bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding – dinding pori atau pada letak – letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena pori – pori itu biasanya sangat kecil, luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar dari permukaan luar, dan bisa sampai 1500-2000 m<sup>2</sup>/Gr adsorben.

O Komposisi kimia

Jenis gugus fungsi yang terdapat pada adsorben yang mempengaruhi kecepatan dan kekuatan adsorpsi. Terdapatnya gugus fungsi yang aktif menyebabkan terjadinya interaksi secara kimia antara adsorben dengan adsorbat, sehingga sering kali proses yang terjadi bersifat tak mampu balik. Bahan adsorben yang telah dipakai pada industri adalah *fuller's earth*, bauksit, clays, bone back, karbon, alumina, silica gel, base-exchange silikat dan resin sintetik.

Salah satu proses adsorpsi yang penting adalah pertukaran ion. Peristiwa ini mirip dengan proses adsorpsi padat-cair, sehingga pertukaran ion dianggap sebagai adsorpsi yang bersifat khusus [Treybal, 1981]. Proses ini digunakan untuk pemisahan ion dari larutan elektrolit dengan menggunakan resin penukar ion. Pada larutan terdapat dua jenis ion yaitu *co-ion* dan *counter-ion*. *Co-ion* adalah ion yang muatannya sama dengan *fixed charge*. Sedangkan *counter-ion* adalah ion yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan *fixed charge* [Kraaijeveld and Wesselingh dalam Sunarno, 2000].

Proses pertukaran ion banyak digunakan pada proses pelunakan air dan pengolahan limbah. Karena proses pertukaran ion (*ion exchange*) mempunyai keuntungan dibandingkan pengendapan secara kimia (*chemical precipitation*). Keuntungannya adalah *recovery* dari nilai metal, selektivitas dan sedikit *sludge* dari produk cairan. Proses ini juga digunakan pada industri makanan, farmasi dan katalis [Rousseau dalam Sunarno, 2000].

### 2.3. Model Keseimbangan Adsorpsi

Model-model persamaan untuk keseimbangan adsorpsi komponen tunggal terdiri dari tiga model, yaitu: [Noll dkk., 1992]

#### 1. Model Langmuir Isoterm.

Persamaan ini adalah persamaan yang menyatakan peristiwa adsorpsi yang disimpulkan dari lima peristiwa berikut:

1. Lebih mendominasi mekanisme *chemisorption*.
2. Bentuk molekul adsorbat lapisan tunggal.
3. Tidak ada interaksi antara molekul adsorbat.
4. Afinitas molekul adsorbat sama untuk setiap tempat pada permukaan padatan homogen.
5. Molekul adsorben pada lokasi yang spesifik tidak pindah ke permukaan padatan dan selalu *irreversibel*.

Model Langmuir Isoterm ini dapat ditulis:

$$Q_e = \frac{Q_0 K C_e}{1 + K C_e} \dots\dots\dots (1)$$

## 2. Model Freundlich Isoterm

Freundlich menyatakan bahwa hubungan kesetimbangan dalam adsorben dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tidak adanya pemisahan molekul pada permukaan setelah teradsorpsi.
2. Tidak adanya peristiwa adsorpsi kimia.

Persamaan Freundlich ini hanya terjadi pada peristiwa adsorpsi fisis, karena tidak adanya pertukaran konfigurasi molekul pada adsorpsi.

Model Freundlich dapat ditulis:

$$Q_e = KCe^{1/n} \dots\dots\dots(2)$$

## 3. Model Brunauer- Emmet- Teller (BET) Isoterm

Persamaan ini digunakan untuk mengembangkan pendekatan persamaan Langmuir pada adsorpsi multilayer yang kemudian dikenal dengan BET.

Model BET dapat ditulis:

$$Q_e = \frac{Q_0 K \frac{C_e}{C_0}}{\left(1 - \frac{C_e}{C_0}\right) \left[1 + (K-1) \frac{C_e}{C_0}\right]} \dots\dots\dots(3)$$

Konstanta kesetimbangan (K) merupakan fungsi suhu (T). Hubungan antara K dengan T dapat dinyatakan persamaan berikut :

$$K = K_0 \exp\left[\frac{-\Delta H}{RT}\right] \dots\dots\dots(4)$$

**Energi aktivasi** ( $E_a$ ) adalah energi minimum yang diperlukan untuk berlangsungnya proses adsorpsi. Harga  $E_a$  diperoleh dengan membuat kurva  $\ln k$  (tetapan laju adsorpsi) terhadap  $1/T$  dan lereng yang diperoleh adalah  $-E_a/R$  (Bastian,2002). Apabila nilai  $E_a$  makin tinggi

maka proses adsorpsi dalam pori biasanya akan berlangsung lebih lambat dari pada adsorpsi pada permukaan adsorben.

*Panas adsorpsi* ( $\Delta H$ ) adalah perubahan kandungan panas atau perubahan entalpi suatu sistem yakni jumlah panas yang dibebaskan oleh sejumlah adsorbat terhadap adsorben. Perbedaan panas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Arrhenius-Van't Hoff :

$$\Delta H = \frac{RT_1 T_2}{T_2 - T_1} (\ln x_{m1} - \ln x_{m2}) \dots\dots\dots (5)$$

dengan,  $\Delta H$  = kandungan panas, kalori /mol

$T_1$  dan  $T_2$  = suhu mutlak, °K

$x_{m1}, x_{m2}$  = Adsorpsi maksimum pada suhu 1 dan 2, mg/ml

*Energi Bebas*,  $\Delta G$  merupakan perubahan energi bebas standar yang dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\Delta G = - RT \ln a \dots\dots\dots (6)$$

dengan,  $\Delta G$  = Perubahan energi bebas standar, kal/mol

$R$  = Tetapan gas Universal, 1,982 kal/mol °K

$T$  = Temperatur, °K

$a$  = Tetapan langmuir, l/g

*Perubahan entropy* ( $\Delta S$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut

(Bastian, 2002)  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  atau

$$\Delta S = (\Delta H - \Delta G) / T \dots\dots\dots (7)$$

dengan,  $\Delta S$  = Perubahan Entropi, kal/mol

$R$  = Tetapan gas Universal, 1,982 kal/mol °K

$T$  = Temperatur, °K