

ANALISIS DAYA ADSORPSI SUATU ADSORBEN¹

Oleh

Endang Widjajanti Laksono²

Abstrak

Adsorpsi merupakan salah satu proses yang terjadi pada permukaan. Proses adsorpsi dapat dipelajari dengan mengetahui komposisi permukaan adsorben, misal dengan spektroskopi photoelektron yang diinduksi dengan sinar-X. Secara sederhana adsorpsi juga dapat dipelajari melalui pengukuran daya adsorpsi suatu adsorben. Daya adsorpsi suatu adsorben dapat diukur melalui pengukuran konsentrasi adsorbat sebelum dan setelah perlakuan. Dengan mengubah- ubah faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi, maka kita dapat mempelajari hal- hal yang mempengaruhi proses adsorpsi, yang berarti juga mempengaruhi proses adsorpsi.

PENDAHULUAN

Adsorpsi merupakan suatu fenomena dimana sejumlah kuantitas gas menetap pada suatu permukaan , misalnya kontak yang terjadi dari gas atau larutan pada suatu logam. Interaksi yang terjadi akan menyebabkan sifat- sifat logam mengalami modifikasi atau perubahan. Gas atau larutan yang tertarik pada permukaan logam disebut dengan adsorbat, sedangkan permukaan logam disebut sebagai adsorben. Menurut kekuatan interaksinya, ada 2 tipe adsorpsi yaitu adsorpsi fisik (phisorpsi) dan adsorpsi kimia (khemisorpsi) (1, 2001 : 54)

Dalam adsorpsi fisik kekuatan ikatan antara molekul yang diadsorpsi dan permukaan sangat lemah, atau tipe Van der Waals. Energi yang berasosiasi dengan ikatan tersebut relatif lemah. Sebaliknya dalam adsorpsi kimia ikatan sangat berperan dan merupakan resultan dari suatu transfer atau suatu penempatan elektron dalam reaksi antara adsorbat dan adsorben . Kekuatan ikatan dalam khemisorpsi menjadi lebih penting dibandingkan pada phisorpsi. Keadaan molekul dari adsorbat akan berbeda dari keadaan awalnya. Atom permukaan mempunyai suatu karakter elektronik tidak jenuh dengan kehadiran beberapa kekosongan (valensi bebas). Pembentukan lapisan sempurna dari molekul yang diadsorpsi secara kimia

¹ Makalah disajikan dalam rangka kegiatan PPM tanggal 26 Oktober 2002

² Dosen Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Univ. Negeri Yogyakarta

memungkinkan menjenuhkan secara sempurna pada daerah kekosongan (2, 1973 :8) Adsorpsi antara gas oksigen dan permukaan logam merupakan contoh dari peristiwa khemisorpsi, pada contoh ini ikatan yang terbentuk adalah ikatan kovalen.

Adsorpsi dapat disosiatif ataupun molekuler, adsorpsi dikatakan asosiatif bila molekul yang diadsorpsi terurai menjadi molekul lain yang lebih kecil. Sebaliknya dikatakan adsorpsi molekuler bila molekul yang diadsorpsi tidak mengalami disosiasi.

Daya adsorpsi merupakan ukuran kemampuan suatu adsorben menarik sejumlah adsorbat. Proses adsorpsi tergantung pada luas spesifik padatan atau luas permukaan adsorben, konsentrasi keseimbangan zat terlarut atau tekanan adsorpsi gas, temperatur pada saat proses berlangsung dan sifat adsorbat atau adsorben itu sendiri. Makin besar luas permukaannya, maka daya adsorpsinya akan makin kuat. Sifat adsorpsi pada permukaan zat padat sangat selektif artinya pada campuran zat hanya satu komponen yang diadsorpsi oleh zat padat tertentu.

Temperatur pada proses adsorpsi tidak hanya akan mempengaruhi daya adsorpsi, tetapi juga hasil adsorpsi. Sebagai contoh yang dilakukan oleh Endang Laksono (3, 2001 :179) telah mengalirkan gas oksigen pada permukaan logam nikel yang berorientasi (111) pada suhu 650K dan 300K, ternyata untuk tekanan gas yang sama hasil yang didapat adalah berbeda. Pada suhu 650K diperoleh lapisan tipis NiO(100) sedangkan pada 300K diperoleh NiO(111) yang distabilkan oleh gugus hidroksil.

Pada beberapa proses adsorpsi waktu kontak antara adsorbat dan adsorben berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Endang Widjajanti dan Heru Pratomo (4, 1994, 8) telah meneliti adanya peningkatan daya adsorpsi bentonit terhadap besi seiring dengan peningkatan waktu kontak.

Daya adsorpsi suatu adsorben dapat diukur menggunakan berbagai alat, mulai dari yang paling sederhana hingga yang canggih seperti teknik spektroskopi. Pada instrumen sederhana pengukuran dilakukan dengan membandingkan konsentrasi adsorbat sebelum dan sesudah adsorpsi. Tentu saja dengan asumsi tertentu. Sedangkan dengan instrumen spektroskopi yang diteliti adalah adsorbennya yaitu dengan menganalisis komposisi adsorbennya. Saat ini spektroskopi yang

banyak digunakan adalah spektroskopi photoelektron sinar-X, atau spektroskopi infra merah refleksi- adsorpsi.

ISOTERM ADSORPSI

Proses adsorpsi dinyatakan sebagai isoterm adsorpsi . Dan dikenal beberapa teori adsorpsi yaitu tipe isoterm Langmuir, isoterm BET, isoterm Freundlich, isoterm Temkin dan isoterm Fowler (2, 1973 :43). Masing- masing isoterm adsorpsi tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan, setiap konsep mengemukakan persamaannya sendiri yang dirangkum dalam tabel di bawah ini :

Tabel 1. Persamaan dan aplikasi beberapa teori isoterm (2,1973 :43)

Teori Isoterm dari	Persamaan	Aplikasinya pada
Langmuir	$\frac{V}{V_m} = \theta = \frac{bP}{1 + bP}$	Adsorpsi fisik dan kimia
Freundlich	$V = KP^n \ (n > 1)$	Adsorpsi fisik dan kimia
Temkin	$\frac{V}{V_m} = \theta = a \log bP$	Adsorpsi kimia
Fowler	$bP = \frac{\theta}{1 - \theta} \exp\left(\frac{2\theta\omega}{kT}\right)$	Adsorpsi fisik dan kimia
BET	$\frac{P}{V(P_o - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C - 1) P}{V_m C P_o}$	Adsorpsi fisik multimolekuler

Keterangan

$\frac{V}{V_m} = \theta$: derajat penutupan permukaan oleh adsorbat, V : volume gas yang

diadsorpsi V_m : volume gas maksimum yang mungkin teradsorpsi.

P_o : tekanan uap jenuh gas

A,b,c,K,n merupakan konstanta

ω : term interaksi antara partikel adsorpsi lebih lanjut

k : tetapan gas Boltzman

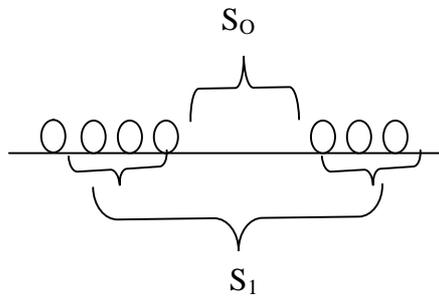
Teori adsorpsi dari Langmuir yang berdasarkan teori kinetik gas, lebih membahas adsorpsi gas pada zat padat dan dalam penggunaannya harus berasumsi pada :

1. Partikel yang diadsorpsi terletak pada substrat yang terlokalisasi (pada ketebalan tertentu) dan homogen
2. Setiap site hanya mungkin ditempati oleh 1 partikel adsorbat
3. Gas yang teradsorpsi bersifat ideal, artinya tidak ada interaksi diantara molekul- molekul adsorbat
4. Tidak terjadi antaraksi antara molekul substrat dan partikel adsorbat, atau tidak terjadi pertukaran energi, jika terjadi tumbukan maka tumbukannya elastis sempurna.
5. Laju adsorpsi sama dengan laju desorpsi

Dengan berpedoman pada asumsi tersebut, maka persamaan Langmuir dapat diturunkan sebagai berikut:

$$\text{Laju adsorpsi} = k_2 P \cdot S_0$$

$$\text{Laju desorpsi} = k_1 S_1$$



S_1 = fraksi permukaan yang ditempati adsorbat
 S_0 = fraksi permukaan yang terbuka / kosong
 P = tekanan
 K_1, K_2 = tetapan laju
 $S = S_0 + S_1$

Gambar 1. Struktur pada permukaan -adsorbat

Berdasarkan asumsi (5), maka $k_1 S_1 = k_2 P \cdot S_0$ jika $S_0 = S - S_1$ akan didapat $k_1 S_1 = k_2 \cdot P \cdot (S - S_1)$ atau $k_2/k_1 = P (S - S_1)/S_1$ jika θ didefinisikan S_1/S

dan $k_2/k_1 = b$; maka $\theta = \frac{bP}{1 + bP}$ (1)

Dalam larutan persamaan langmuir (1) disederhanakan menjadi persamaan berikut :

$$\frac{x}{m} = \frac{k_2 C}{k_1 + k_2 C}$$
(2)

x : adalah jumlah zat yang diserap

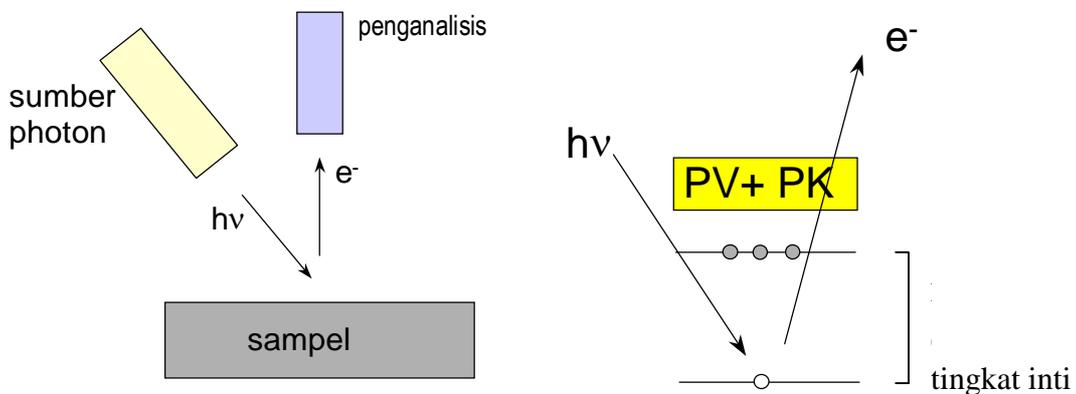
m : adalah jumlah adsorben

k_1, k_2 : tetapan

C : adalah konsentrasi larutan

ANALISIS KOMPOSISI PERMUKAAN (ADSORBEN) SECARA XPS

Analisis permukaan atau adsorben dapat dilakukan menggunakan spektrometer, salah satunya adalah XPS (X-rays Photoelectron Spectroscopy). Spektrometer ini menggunakan sumber sinar yang dapat melepaskan elektron dari intinya, secara sederhana prinsip XPS digambarkan pada gambar 2. Elektron yang dilepaskan akan ditangkap oleh detektor dan dianalisis. Dari hasil analisis dapat diketahui atom apa yang berada pada permukaan. Jika teknik ini digunakan pada proses adsorpsi, maka akan diketahui molekul apa saja yang dapat diadsorpsi, bahkan secara kuantitatif dapat ditentukan jumlah molekul yang teradsorpsi. Bahkan dengan memodifikasi penggunaannya alat ini dapat digunakan untuk menentukan mekanisme suatu proses adsorpsi (3, 2001, 179).



Gambar 2. Prinsip kerja alat XPS (3, 2001, 48)

APLIKASI ANALISIS DAYA ADSORPSI SUATU ADSORBEN

Daya adsorpsi suatu adsorben dapat dinyatakan sebagai banyaknya adsorbat yang dapat diadsorpsi oleh suatu adsorben, dengan mengukur jumlah adsorbat sebelum dan setelah adsorpsi, maka akan diketahui daya adsorpsi dari adsorben yang digunakan. Di sini akan diberikan suatu contoh cara kerja mengukur daya adsorpsi karbon aktif terhadap asam asetat (5, 2000, 9)

- Alat yang digunakan
 1. 1 set buret dan statif
 2. pipet volume 2 mL, 5 mL, 10 mL
 3. 12 buah erlenmeyer 50 mL
 4. 6 buah Labu takar 50 mL
- Bahan yang digunakan
 1. Larutan asam asetat 0,5 M
 2. Larutan NaOH 0,1 M
 3. indikator phenol-ptalien (pp)
 4. Arang aktif
 5. Akuades
- Cara kerja :
 1. Masukkan dalam masing- masing labu takar seperti pada tabel 2 berikut :

Tabel 2

Nomor Labu takar	Volume asam asetat 0,5M	Volume akuades
1	2 mL	48 mL
2	5 mL	45mL
3	10 mL	40 mL
4	15 mL	35 mL
5	20 mL	30 mL
6	50 mL	0 mL

2. Kemudian ambil masing- masing larutan dari setiap labu sebanyak 5 mL dan dititrasikan dengan larutan NaOH dan 3 tetes indikator hingga terjadi perubahan warna. Lakukan perlakuan ini sebanyak 3 kali. Konsentrasi asam asetat yang diperoleh merupakan konsentrasi awal (sebelum perlakuan)
3. Ambil 25 mL masing –masing larutan dari masing- masing konsentrasi tersebut, kemudian tambahkan masing- masing 1 gram arang aktif. Tutup erlenmeyer dengan plastik agar tidak kemasukan debu atau kotoran. Diamkan selama 1 hari.
4. Keesokan harinya, saring larutan tersebut, dan ambil masing- masing sebanyak 5 mL dan titrasikan kembali dengan NaOH 0,1M dan indikator PP sampai terjadi perubahan warna. Konsentrasi yang diperoleh adalah konsentrasi adsorbat setelah perlakuan.

Daya adsorpsi dapat dihitung dengan membandingkan konsentrasi asam asetat sebelum dan setelah adsorpsi.

Percobaan ini dapat dilakukan dengan mengubah- ubah berat adsorben, atau waktu adsorpsi, sehingga didapat suatu kesimpulan yang lebih kompleks.

PENUTUP

Adsorpsi yang merupakan salah satu proses yang terjadi pada permukaan dapat dipelajari secara sederhana. Daya adsorpsi suatu adsorben dapat diukur melalui pengukuran konsentrasi adsorbat sebelum dan setelah perlakuan. Dengan mengubah- ubah faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi, maka kita dapat mempelajari hal- hal yang mempengaruhi proses adsorpsi, yang berarti juga mempengaruhi proses adsorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

-
- 1 Mc.Cash. E.M., 2001, *Surface Chemistry*, Oxford : Oxford University Press
 - 2 Oudar J., 1973, *La Chimie des Surfaces*, Paris : Presses Universitaire de France
 - 3 Endang Laksono, 2001, *Etude de l'interaction de l'ammoniac avec des surfaces de Ni(111) pré-traitées sous oxygène et influence de l'hydroxylation*, Thèse Univ. Paris VI, France
 - 4 Endang Widjajanti dan Heru Pratomo Al, 1994, *Pemanfaatan Bentonit Pada Adsorpsi Besi dalam Air Sumur*, Laporan Penelitian, FPMIPA IKIP Yogyakarta
 - 5 P. Yatiman dkk, 2000, *Petunjuk Pratikum KF II*, FMIPA UNY