

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah pengumpulan adsorbat pada permukaan adsorben berbentuk padatan, sedangkan absorpsi adalah pengikatan dari pengumpulan substansi ke dalam padatan. Adsorpsi diklasifikasikan menjadi dua yaitu adsorpsi fisik dan kimia. Adsorpsi fisik terutama dikarenakan oleh gaya van der Waals dan terjadi bolak balik (reversibel) (Reynolds dan Paul, 1995).

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 itu pori - pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai 2000 kali pembesaran. 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). Pada umumnya adsorpsi dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi kimia (*kemisorpsi*) dan adsorpsi fisika (*fisisorpsi*) (Parker, 1993).

a. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika disebabkan oleh interaksi antara adsorben dan adsorbat karena adanya gaya tarik Van der Waals, adsorpsi ini biasanya bersifat reversible karena terjadi melalui interaksi yang lemah antara adsorben dan adsorbat, tidak melalui ikatan kovalen. Panas adsorpsi fisika tidak lebih dari 15-20 kkal/mol atau 63-84 kJ/mol. Contoh: Adsorpsi oleh karbon aktif. Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang diaktifkan dengan cara membuat pori pada struktur karbon tersebut. Aktivasi karbon aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan

struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi.

b. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang melibatkan interaksi yang lebih kuat antara adsorben dan adsorbat sehingga adsorbat tidak bebas bergerak dari satu bagian ke bagian yang lain. Proses ini bersifat irreversibel sehingga adsorben harus dipanaskan pada temperatur tinggi untuk memisahkan adsorbat. Panas adsorpsi kimia biasanya lebih besar dari 20-30 kkal/mol atau 84-126 kJ/mol.

Faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut : (Asip, 2008)

1) Proses pengadukan

Kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh film diffusion dan pore diffusion juga dipengaruhi oleh pengadukan. Jika proses pengadukan relatif kecil maka adsorbant sukar menembus lapisan film antara permukaan adsorben dan film diffusion yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Dan jika pengadukan sesuai maka akan menaikkan film diffusion sampai titik pore diffusion yang merupakan faktor pembatas dalam sistem batch dilakukan pengadukan yang tinggi.

2) Karakteristik Adsorben

Adsorpsi dipengaruhi oleh dua sifat permukaan yaitu energi permukaan dan gaya tarik permukaan. Oleh karena itu sifat fisik yaitu ukuran partikel dan luas permukaan merupakan sifat yang terpenting dari bahan yang akan digunakan sebagai adsorben.

3) Kelarutan adsorben

Proses adsorpsi terjadi pada molekul - molekul yang ada dalam larutan harus dapat berpisah dari cairannya dan dapat berikatan dengan permukaan adsorben. Sifat unsur yang terlarut mempunyai gaya tarik - menarik terhadap cairannya yang lebih kuat bila dibandingkan dengan unsur yang sukar larut. Dengan demikian unsur yang terlarut akan lebih sulit terserap pada adsorben bila dibandingkan dengan unsur yang tidak larut.

Kuantitas adsorbat yang dapat diambil oleh adsorben adalah fungsi dari karakteristik, konsentrasi dan suhu. Karakteristik dari adsorbat yang penting termasuk, kelarutan, struktur molekul, berat molekul, polaritas, dan saturasi hidrokarbon. Umumnya, jumlah bahan yang teradsorpsi ditentukan sebagai fungsi dari konsentrasi pada suhu konstan, dan fungsi yang dihasilkan disebut isoterm adsorpsi. Adsorpsi isoterm dikembangkan dengan mengekspos jumlah yang diberikan menyerap dalam volume cairan tetap untuk berbagai jumlah adsorben. Persamaan yang digunakan untuk menggambarkan data isoterm eksperimental dikembangkan oleh freundlich, langmuir, Brunauer, Emmet, dan teller (Metcalf dan Eddy, 2014).

A. Isoterm freundlich

Dari semua persamaan isoterm freundlich yang paling umum digunakan untuk menggambarkan karakteristik adsorpsi dari pengolahan air limbah.

$$\frac{x}{m} = K_f C_e^{1/n} \dots\dots\dots(1)$$

$$\log \frac{x}{m} = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(2)$$

Dimana x/m	= Massa adsorbat teradsorpsi per unit mas adsorben, mg adsorbat / g adsorben
K_f	= Faktor kapasitas freundlich (mg adsorbat/g adsorben) x (L air/mg adsorbat) ^{1/n} = (mg/g)(L/mg) ^{1/n}
C_e	= Konsentrasi equilibrium adsorbat di dalam larutan setelah di adsorpsi, mg/L
$1/n$	= Parameter intensitas Freundlich

Tabel 2.1 Konstanta Adsorpsi Isoterm Freundlich untuk Senyawa Organik

Compound	pH	K(mg/g)(L/mg) ^{1/n}	1/n
Benzene	5.3	1.0	1.6–2.9
Bromoform	5.3	19.6	0.52
Carbon tetrachloride	5.3	11	0.83
Chlorobenzene	7.4	91	0.99
Chloroethane	5.3	0.59	0.95
Chloroform	5.3	2.6	0.73
DDT	5.3	322	0.50
Dibromochloromethane	5.3	4.8	0.34
Dichlorobromomethane	5.3	7.9	0.61
1, 2-Dichloroethane	5.3	3.6	0.83
Ethylbenzene	7.3	53	0.79
Heptachlor	5.3	1,220	0.95
Hexachloroethane	5.3	96.5	0.38
Methylene chloride	5.3	1.3	1.16
N-Dimethylnitrosamine	na	6.8 × 10 ⁻³	6.60
N-Nitrosodi-n-propylamine	na	24	0.26
N-Nitrosodiphenylamine	3–9	220	0.37
PCB	5.3	14,100	1.03
PCB 1221	5.3	242	0.70
PCB 1232	5.3	630	0.73
Phenol	3–9	21	0.54
Tetrachloroethylene	5.3	51	0.56
Toluene	5.3	26.1	0.44
1, 1, 1-Trichloroethane	5.3	2–2.48	0.34
Trichloroethylene	5.3	28	0.62

A. Isoterm Langmuir

Berasal dari pertimbangan rasional, isoterm langmuir didefinisikan sebagai :

$$\frac{x}{m} = \frac{abC_e}{1+bC_e} \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{C_e}{\left(\frac{x}{m}\right)} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C_e \dots\dots\dots(4)$$

Isoterm adsorpsi langmuir dikembangkan dengan mengasumsikan jumlah tetap situs yang dapat diakses tersedia pada permukaan adsorben, yang semuanya memiliki energi yang sama, dan adsorpsi dapat dibalik. Ekuilibrium tercapai ketika tingkat adsorpsi molekul ke

permukaan sama dengan laju desorpsi molekul dari permukaan. Tingkat dimana adsorpsi hasil sebanding dengan kekuatan pendorong, yang merupakan perbedaan antara jumlah yang diadsorpsi pada konsentrasi tertentu dan jumlah yang dapat diserap pada konsentrasi itu. pada konsentrasi kesetimbangan, perbedaan ini adalah nol (Metcalf dan Eddy, 2014).

2.2 Timbal (Pb)

Timbal merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, terurai dalam jangka waktu lama dan toksisitasnya tidak berubah (Brass dan Strauss, 1981). Pb dapat mencemari udara, air, tanah, tumbuhan, hewan, bahkan manusia. Masuknya Pb ke tubuh manusia dapat melalui makanan dari tumbuhan yang biasa dikonsumsi manusia seperti padi, teh dan sayur-sayuran. Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia. Logam ini masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Selain itu, proses korofikasi dari batuan mineral juga merupakan salah satu jalur masuknya sumber Pb ke perairan (Palar, 2004).

Timbal (Pb) yang larut dalam air adalah Timbal asetat ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$), timbal klorat $\text{Pb}(\text{ClO}_3)_2$, timbal stearat $\text{Pb}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)$ dan timbal nitrat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Timbal (II) nitrat merupakan senyawa anorganik yang memiliki rumus kimia $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ memiliki berat molekul 331.23g/mol, meleleh pada 270°C (Sudarmaji, 2006).

Toksisitas logam berat sangat dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia dan biologi lingkungan. Beberapa kasus kondisi lingkungan tersebut dapat mengubah laju absorpsi logam dan mengubah kondisi fisiologis yang mengakibatkan berbahayanya pengaruh logam. Akumulasi logam berat Pb pada tubuh manusia yang terjadi secara terus menerus dapat mengakibatkan anemia, kemandulan, penyakit ginjal, kerusakan syaraf dan kematian. Timbal dalam bentuk anorganik dan organik memiliki toksitas yang sama pada manusia. Misalnya pada bentuk organik seperti tetraetil-timbal dan tetrametiltimbal (TEL dan TML). Timbal dalam tubuh dapat menghambat aktivitas kerja enzim. Namun yang paling

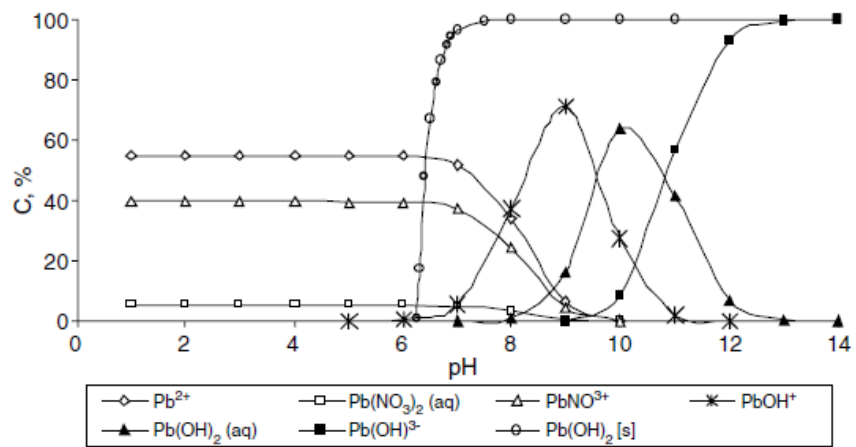
berbahaya adalah toksitas timbal yang disebabkan oleh gangguan absorpsi kalsium Ca. Hal ini menyebabkan terjadinya penarikan deposit timbal dari tulang tersebut (Darmono, 2001). Efek dari bahaya $Pb(NO_3)_2$ dapat berpotensi pada kesehatan, seperti :

1. Proses Pernapasan : Timbal dapat diserap melalui sistem pernapasan. Iritasi lokal bronchia dan paru-paru dapat terjadi dan, dalam kasus paparan akut, gejala seperti rasa metalik, nyeri dada dan perut, dan peningkatan timbal darah tingkat mungkin mengikuti.
2. Proses menelan : Gejala keracunan timbal termasuk sakit perut dan kejang, mual, muntah, sakit kepala. Keracunan akut dapat menyebabkan kelemahan otot, "*lead line*" pada gusi, rasa logam pada lidah , hilangnya nafsu makan, insomnia, pusing, kadar timbal tinggi dalam darah dan urin dengan syok, koma, dan kematian pada kasus ekstrem. Nitrat memasuki tubuh dengan proses apapun (konsumsi, inhalasi, atau penyerapan), dapat menyebabkan sakit kepala muntah, pusing, sianosis, penurunan tekanan darah, dan mungkin paralisis pernapasan.
3. Kontak kulit : Senyawa timbal dan timbal dapat diserap melalui kulit pada eksposur yang lama. Kontak selama periode pendek dapat menyebabkan iritasi, kemerahan dan rasa sakit.
4. Kontak mata: Penyerapan dapat terjadi melalui jaringan mata tetapi bahaya yang lebih umum adalah iritasi atau abrasi lokal.
5. Paparan kronis: Timbal adalah racun kumulatif dan eksposur bahkan dalam jumlah kecil dapat meningkatkan kandungan tubuh ke tingkat beracun. Gejala - gejala paparan kronis adalah seperti keracunan konsumsi, gelisah, mudah marah, gangguan visual, dan hipertensi.
6. Agravasi Kondisi yang Sudah Ada Sebelumnya: Orang dengan gangguan ginjal, saraf atau peredaran darah yang sudah ada sebelumnya atau dengan masalah kulit atau mata mungkin lebih peka terhadap efek zat ini (MSDS,2006).

Di perairan, timbal ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Kelarutan timbal cukup rendah sehingga kadar timbal dalam air relatif sedikit. Bahan bakar yang mengandung timbal juga memberikan kontribusi yang berarti bagi keberadaan timbal dalam air (Effendi, 2003).

Pada umumnya untuk menguraikan bagaimana fase berair dan padat dipertimbangkan dan disajikan oleh perangkat lunak VMinteq. Misalnya, dalam kasus presipitasi $\text{Pb}(\text{OH})_2$, ketika fase padat mulai membentuk konsentrasi Pb^{2+} mulai secara proporsional menipis dari aqueous solusi fase. Dalam VMinteq, konsentrasi terlarut spesies diberikan dalam persentase yang berkaitan dengan konsentrasi tersedia Pb^{2+} . Jadi, ketika diendapkan $\text{Pb}(\text{OH})_2$ mencapai 99,9% pada pH 10, dan diagram menunjukkan kehadiran PbOH^+ pada 45%, sebenarnya berarti bahwa PbOH^+ konsentrasi 0,45% relatif terhadap konsentrasi Pb^{2+} total dalam sistem. Dengan demikian, diagram spesiasi untuk kedua logam diberikan dalam konsentrasi relatif untuk masing-masing fase, padat atau berair. (Issabayeva dkk, 2005).

Pada Gambar 2.1 menunjukkan profil spesiasi dari spesies timbal tunggal pada konsentrasi total 10 ppm dalam Pb^{2+} . Spesies utama dalam rentang pH 3,0-5,0 adalah Pb^{2+} , PbNO_3^+ dan larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Konsentrasi pb tersebut berubah sampai pH 6,0. Pembentukan $\text{Pb}(\text{OH})_2$ padat dimulai pada pH 6,3 dan hidroksida terlarut lainnya yaitu PbOH^+ , $\text{Pb}(\text{OH})_2$, dan PbOH^{3+} terjadi setelah pH 7,0 (Issabayeva dkk, 2005).



Gambar 2.1 Spesiasi Logam Timbal