

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fenol

Fenol atau *monohydroxybenzene* (C_6H_5OH) pertama kali ditemukan dari tar batu bara pada tahun 1834 disebut asam Karbonil. Senyawa sintetiknya diproduksi dengan cara sulfonasi benzene dan hidrolisis sulfonat. Jumlah alami yang diperoleh dari tar batu bara saat ini sangat sedikit, kebanyakan diproduksi adalah sintetis (Kirk dan Othmer, 1982). Fenol memiliki warna putih, berbentuk kristal dengan ciri berbau.

Fenol memiliki berat molekul 94,114 dengan titik leleh $43^\circ C$ dan titik didih $181,84^\circ C$. Dalam bentuk kristal bersifat higroskopis (EPA, 2001). Dikarakteristikan dengan pengaruh hidroksil grup dan rantai aromatik (Kirk dan Othmer, 1982).

Salah satu polutan yang terdapat di lingkungan adalah fenol yang termasuk limbah organik, terakumulasi secara tetap pada lingkungan serta memiliki dampak merugikan bagi makhluk hidup. Hal ini disebabkan fenol sebagai komponen racun sehingga menimbulkan kerusakan di bumi atau ekosistem air (Ahmeed dan Hameed, 1997). Fenol juga sangat beracun bagi ikan dan memiliki sifat unik yaitu mencemari rasa ikan jika ada dilingkungan air pada 0,1-1,0 ppm.

Keberadaan fenol tidak menimbulkan bahaya kebakaran luar biasa ketika ditangani pada suhu ambient, tetapi terbakar jika dinyalakan. Batas kemampuan bakar terendah untuk uap adalah 1,5% di udara menghasilkan api, uap berbahaya pada temperatur tinggi.

Menurut Kirk dan Othmer (1982) fenol bersifat racun jika diserap melalui kulit dan dapat berdampak kematian, bahkan jika daerah yang terkena hanya jari. Senyawa ini merupakan anatesi lokal, tidak ada sakit pada kontak awal dan seiring dengan waktu kulit akan terasa sakit seperti terbakar, hal ini menandakan fenol telah menembus kulit. Hilangnya rasa sakit tidak mengindikasikan tidak adanya fenol yang tersisa di tubuh. Secepatnya cuci kulit dengan larutan etil alkohol atau air hangat yang biasanya dapat membersihkan fenol tanpa dampak yang serius.

Pada manusia fenol menyebabkan iritasi kulit parah karena bersifat korosif, dan konsumsi air yang mengandung fenol menimbulkan rasa sakit kuat, muntah-muntah dan rusaknya pembuluh kapiler. Efek racun terlihat pada organ tubuh bagian otak, mata, paru-paru, ginjal, pankreas dan limpa (Ahmed & Hameed, 1997). Selain itu juga bersifat racun pada kebanyakan kehidupan hewan dan tumbuhan.

Nilai ambang batas fenol untuk baku mutu air minum sebesar 0.001 ppm, mutu buangan industri sebesar 0,3 ppm. Senyawa ini di alam mengalami transformasi kimia, biokimia dan fisika, tetapi proses alami tidak cukup untuk menuntaskan permasalahan yang timbul (Rustamjah, 2002). Menurut O'Keeffe et al (1987), fenol bersifat mematikan pada tanaman jika mengandung berat 1 sampai 3 gram (berat kering) atau sekitar 200 mg/l. Tanaman yang berkontak dengan konsentrasi ini atau lebih besar tidak akan bertahan lebih dari empat hari setelah kontak. Namun, tanaman dapat mengurangi jumlah fenol dalam larutan dan fenol yang diambil tidak akan kembali kelarutan setelah tanaman mati.

2.1.1 Sumber Fenol

Menurut Ahmed & Hameed (1996) yang dikutip dari Semple dan Cain (1996), fenol dan banyak komponen fenolik sintetis merupakan komponen polutan umum pada lingkungan yang berasal dari beberapa sumber yaitu karbonasi batu bara, tekstil, farmasi, industri gas, pabrik penghasil minyak, pabrik kimia dan peptisida, pabrik penghasil tinta dan limbah rumah tangga. Selain itu senyawa fenol juga ditemukan pada kawasan rawa atau gambut. Air yang berwarna gelap pada tanah gambut dan rawa menandakan adanya senyawa fenol pada air tersebut (Sudaryanto, 2004).

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses pemisahan dimana molekul-molekul gas atau cair diserap oleh suatu padatan. Pengikatan molekul oleh padatan terjadi secara reversibel. Pada proses adsorpsi terdapat dua komponen yaitu adsorbat sebagai zat yang diserap dan adsorben sebagai zat yang menyerap.

2.2.1 Klasifikasi Adsorpsi

Berdasarkan pengikatan yang terjadi antara molekul dan permukaan, adsorpsi diklasifikasikan dua kelompok yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

- Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi bila gaya intermolekular lebih besar dari gaya tarik antar molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben, gaya ini disebut gaya Van der Waals sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Gaya antar molekul adalah gaya tarik antara molekul-molekul fluida dengan permukaan padat, sedangkan gaya intermolekular adalah gaya tarik antar molekul-molekul fluida itu sendiri. Adsorpsi ini berlangsung cepat, dapat membentuk lapisan jamak (*multilayer*), dan dapat bereaksi balik (*reversible*), karena energi yang dibutuhkan relatif rendah. Energi aktivasi untuk terjadinya adsorpsi fisika biasanya adalah tidak lebih dari 1 kkal/gr-mol, sehingga gaya yang terjadi pada adsorpsi fisika termasuk lemah. Adsorpsi fisika dapat berlangsung di bawah temperatur kritis adsorbat yang relatif rendah sehingga panas adsorpsi yang dilepaskan juga rendah yaitu sekitar 5 – 10 kkal/gr-mol gas, lebih rendah dari panas adsorpsi kimia.

- Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya reaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben dimana terbentuk ikatan kovalen dengan ion. Gaya ikat adsorpsi ini bervariasi tergantung pada zat yang bereaksi. Adsorpsi jenis ini bersifat tidak *reversible* dan hanya dapat membentuk lapisan tunggal (*monolayer*). Umumnya terjadi pada temperatur tinggi di atas temperatur kritis adsorbat, sehingga panas adsorpsi yang dilepaskan juga tinggi, yaitu sekitar 10-100 kkal/gr-mol. Untuk dapat terjadinya peristiwa desorpsi dibutuhkan energi lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben. Energi aktivasi pada adsorpsi kimia berkisar antara 10 – 60 kkal/gr-mol.

Tabel 2.1 Karakteristik khusus Proses Adsorpsi

Karakteristik	Adsorpsi fisika	Adsorpsi kimia
Kekuatan ikatan	Terjadi interaksi secara fisis, proses ini bisa disebut dengan adsorpsi Fisika.	Terjadi ikatan secara kimia, proses ini disebut dengan adsorpsi aktif.
Lapisan yang terbentuk	Lapisan jamak	Lapisan tunggal
Energi aktivasi	Tidak ada energi aktivasi	Terdapat energi aktivasi
Suhu	Suhu rendah dibawah titik didih.	Suhu tinggi.
Faktor yang mempengaruhi	Jumlah adsorbat yang hilang diserap lebih tergantung pada adsorbate dari pada adsorben.	Jumlah adsorbate yang diserap tergantung pada adsorben dan adsorbatnya.
Panas adsorpsi	1-10 Kcal/mol	50 - 100 Kcal/mol

Sumber : <http://www.eco-web.com/editorial/040201.html>, 2006

Faktor yang mempengaruhi adsorpsi yaitu :

1. Jenis adsorben

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi daya serap adsorben. Beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh adsorben adalah :

- a. Berpori
- b. Aktif dan murni
- c. Tidak bereaksi dengan adsorbat
- d. Mempunyai permukaan yang luas

Secara umum, pemilihan adsorben didasarkan pada kapasitas, selektifitas, tipe butiran, murah, mudah diregenerasi, dan komposisi adsorben tidak ada terdiri dari bahan pencemar.

2. Jenis adsorbat

Sifat adsorbat juga sangat mempengaruhi daya adsorpsi, dimana adsorben cenderung menyerap molekul atau zat lain yang sangat sesuai dengannya. Beberapa sifat adsorbat yang perlu diperhatikan adalah :

a. Ukuran molekul

Adsorben mempunyai pori-pori dengan diameter tertentu. Dalam hal ini tentu saja yang diserap adalah molekul-molekul yang lebih kecil dari diameter rongga adsorben.

b. Kepolaran

Umumnya adsorben bersifat ionik dengan polaritas molekul yang tinggi. Jika diameternya sebanding, maka molekul-molekul polar lebih kuat diserap dari pada molekul-molekul kurang polar. Molekul yang polar dapat menggantikan molekul yang kurang polar yang lebih dulu diserap.

c. Jenis ikatan

Senyawa-senyawa yang tidak jenuh lebih banyak diserap dibandingkan senyawa-senyawa jenuh.

d. Berat molekul

Senyawa dengan berat molekul besar lebih banyak diserap dibandingkan dengan senyawa berat molekul yang lebih kecil.

3. Suhu

Adsorpsi merupakan proses membebaskan panas (eksoterm). Proses kebalikan dari adsorpsi adalah desorpsi dengan sendirinya merupakan proses endoterm. Panas yang dibebaskan pada peristiwa adsorpsi atau desorpsi diukur dalam kalori/gram. Pada umumnya adsorpsi menurun dengan naiknya suhu. Ini dapat diterangkan dengan teori kinetik yang menyatakan bahwa atom-atom dari suatu zat yang diadsorpsi bertambah dengan naiknya suhu. Oleh karena itu, zat yang diserap cenderung meninggalkan zat penyerap. Pengaruh penambahan konsentrasi merupakan kebalikan dari kenaikan suhu. Dalam hal ini disebabkan karena jumlah tumbukkan dengan adsorben bertambah.

2.2.2 Adsorben

Adsorben merupakan padatan yang mempunyai kemampuan menyerap fluida kedalam permukaannya, dimana padatan tersebut mempunyai kapasitas selektifitas adsorpsi untuk molekul adsorbate. Adsorbate bisa berupa bahan organik, zat warna, zat pelembab, dan lain sebagainya.

2.3 Tanah gambut

Gambut merupakan bahan yang dihasilkan dari pembusukan tumbuhan yang sudah mati. Gambut terdiri dari bahan organik tinggi yang merupakan akumulasi sisa vegetasi dan sudah mengalami humifikasi tetapi belum mengalami netralisasi. Unsur pembentuk gambut utama adalah unsur organik yang terdiri dari karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen serta sedikit senyawa anorganik. Dalam kondisi alam yang tidak terganggu, gambut mempunyai fungsi ekologi yang penting, mengatur air didalam dan di permukaan tanah. Dengan sifatnya yang seperti spon, gambut dapat menyerap air yang berlebihan, yang kemudian secara kontinyu dilepas perlahan-lahan.

Di Wilayah Asia Tenggara, luas areal gambut mencapai lebih dari 25 juta ha atau 69 % dari lahan gambut tropis di Dunia (Asean and Global Environment Centre-GEC). Secara Nasional, luas lahan gambut lebih dari 20 juta ha, sebesar 6,2 juta ha terdapat di Sumatera, sementara 4,044 juta ha diantaranya terdapat di Provinsi Riau (sekitar 45 % dari luas total Provinsi Riau).

Di Asia Tenggara terdapat 70% dari total gambut tropik dunia, terutama di Indonesia dan Malaysia. Di Indonesia gambut tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Irian Jaya. Tidak seluruh lahan ini bisa dikembangkan, tetapi diperkirakan seluas 5,6 juta hektar masih bisa untuk dimanfaatkan [Subagyo dkk, 1996].

Sejauh ini, pemanfaatan gambut sangat terbatas padahal potensinya begitu besar. Untuk kegiatan industri kegunaan gambut cukup banyak, seperti pada industri perminyakan, gambut dapat digunakan sebagai bahan kimia pembantu untuk pengeboran sumur minyak dan sebagai adsorben untuk pengolahan air limbah minyak bumi dan petrokimia.

2.3.1 Sifat Tanah Gambut

Profil tanah gambut dicirikan oleh lapisan-lapisan gambut yang jenuh air, berwarna gelap, hitam, atau coklat tua kehitaman. Sifat-sifat fisik dan kimia gambut, tidak saja ditentukan oleh tingkat dekomposisi bahan organik, tetapi juga oleh tipe vegetasi dari mana bahan organik aslinya berasal.

a. Sifat Fisik Gambut

Gambut tropis umumnya berwarna coklat kemerahan hingga coklat tua (gelap) tergantung tahapan dekomposisinya. Kadar air yang tinggi dan kapasitas menyimpan air 15-30 kali dari berat kering, *bulk density* (0,05-0,4 g/cm³), dan porositas total diantara 75-95% rendah [Ambak dan Melling, 2000].

Sifat gambut yang merugikan adalah apabila gambut mengalami pengeringan yang berlebihan sehingga koloid gambut menjadi rusak. Terjadi gejala kering tak balik (*irreversible drying*) dan gambut berubah sifat seperti arang sehingga tidak mampu lagi menyerap hara dan menahan air [Subagyo dkk, 1996]. Gambut akan kehilangan air tersedia setelah 4-5 minggu pengeringan yang mengakibatkan gambut mudah terbakar.

b. Sifat Kimia Gambut

Dari segi sifat kimia, sifat-sifat gambut yang penting adalah nilai kemasaman tanah (pH), kadar unsur hara makro (N, P, dan K), kejenuhan basa, kadar aluminium (Al), dan kadar abu [Gunawan, 2006].

Gambut juga terdiri dari mineral yang rendah dengan bahan organik lebih dari 90%. Andriesse (1988) menyatakan secara kimiawi gambut bersifat asam (pH di bawah 4).

Di pantai timur Sumatera, pH gambut berkisar 3,42 – 4,3. Gambut yang berkembang disepanjang pantai timur Sumatera mempunyai sifat : gambut dalam (lebih dari 4 m) yang terdiri dari unsur-unsur seperti : N, P, K, Mg, Ca, Zn, dan B, sedangkan faktor pembatas utama pada lahan gambut adalah tidak tersedianya unsur

Cu bagi tanaman [Sudradjat dan Qusairi, 1992]. Susunan dan komposisi senyawa organik dan hara mineral di tanah beragam tergantung pada jenis jaringan penyusun gambut, lingkungan pembentukan dan kesudahan reklamasi.

Kadar abu dalam gambut, dapat menentukan gambut termasuk eutrofik (relatif kaya hara), oligotrofik (masam dan miskin hara), atau mesotrofik (terletak diantara keduanya). Kadar Al dapat mempengaruhi jumlah bahan kapur pertanian yang diperlukan untuk meningkatkan kemasaman tanah dan produktivitas gambut.

2.4 Keseimbangan Adsorpsi

Keseimbangan adsorpsi terjadi bila larutan dikontakkan dengan adsorben padat, dan molekul dari adsorbat berpindah dari larutan ke padatan sampai konsentrasi adsorbat dalam larutan dan padatan dalam keadaan setimbang. Untuk mengukur keseimbangan adsorpsi dapat dilakukan dengan pengukuran konsentrasi adsorbat di larutan pada awal dan pada waktu keseimbangan. Bentuk umum yang digunakan untuk model keseimbangan pada sistem adsorpsi adalah model isoterm Freundlich dan model isoterm Langmuir yang dijelaskan berikut ini.

a. Model Isoterm Freundlich

Herbert Max Finley Freundlich adalah seorang ilmuwan bidang kimia fisika di Jerman yang menemukan model adsorpsi isoterm secara empiris. Freundlich menyatakan bahwa hubungan keseimbangan dalam adsorben dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Tidak adanya pemisahan molekul pada permukaan setelah teradsorpsi
- Tidak adanya peristiwa adsorpsi kimia

Kelemahan persamaan ini tidak dapat menduga nilai jerapan maksimum. Nilai $1/n$ dan k sering digunakan untuk membuat kesimpulan tentang mekanisme jerapan, tetapi banyak para ahli meragukan kebenarannya.

Model isoterm Freundlich menjelaskan tentang rumus adsorpsi seperti dibawah ini

$$Q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (1)$$

Dimana :

Q_e : jumlah adsorbat yang terserap/berat adsorben (mg adsorbat/g adsorben)

C_e : konsentrasi adsorbate dalam larutan (mg/l)

K_f dan n : konstanta yang tergantung pada faktor lingkungan dan $n > 1$

Dalam bentuk lain dapat ditulis :

$$\text{Log } Q_e = \text{log } K_f + n \text{ log } C_e \quad (2)$$

b. Model Isoterm Langmuir

Irving Langmuir adalah seorang ilmuwan Amerika yang mengembangkan hubungan antara jumlah gas yang diserap pada permukaan. Model isoterm Langmuir ini sering digunakan untuk adsorpsi pada larutan cair.

Persamaan ini menyatakan peristiwa adsorpsi kimia yang terjadi pada permukaan adsorpsi sebagai berikut :

- Adsorpsi kimia lebih mendominasi
- Susunan molekul adsorbat pada permukaan adsorben membentuk lapisan tunggal
- Tidak ada interaksi antara molekul adsorbat
- Afinitas molekul adsorbat sama untuk setiap tempat pada permukaan padatan homogen
- Molekul adsorben pada lokasi yang spesifik tidak pindah ke permukaan padatan dan selalu terjadi *irreversibel*

Model isoterm Langmuir dijelaskan pada rumus berikut ini :

$$Q_e = \frac{Q_0 K C_e}{1 + K C_e} \quad (3)$$

Dimana :

Q_e : jumlah adsorbat yang terserap/berat adsorben (mg adsorbat/g adsorben)

C_e : konsentrasi adsorbat dalam larutan (mg/l)

Q_m : jumlah penyerapan maksimum pada lapisan tunggal (mg larutan adsorbat per g adsorben)

K : konstanta Langmuir (l adsorben/mg adsorbat)

Dalam bentuk lain dapat ditulis :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_0 K} \frac{1}{C_e} + \frac{1}{Q_0} \quad (4)$$