

Absolubilisasi Benzena pada Permukaan γ -Alumina yang Dimodifikasi Surfaktan SDS

Tresye Utari, Haryo Suseno

Departemen Kimia, FMIPA Universitas Indonesia

Abstrak

Alumina (Al_2O_3) memiliki kemampuan yang rendah untuk mengadsorpsi senyawa organik non polar. Permukaan γ -alumina dapat dimodifikasi dengan surfaktan *Sodium Dodesyl Sulfate* (SDS) untuk membentuk admisel dan aplikasinya sebagai penyerap benzena. γ -Alumina disintesis dari campuran kaolin dan $(NH_4)_2SO_4$ 1:4. Nilai CAC (*Critical Admicelle Concentration*), CMC (*Critical Micelle Concentration*), konsentrasi admisel optimum dan pH optimum ditentukan dari kurva isoterm adsorpsi SDS pada alumina. Karakterisasi γ -alumina dilakukan dengan metoda analisis XRD, pembentukan admisel dengan metode BET dan FT-IR. Nilai CAC dan CMC terjadi pada konsentrasi SDS 3 mM dan 6 mM, dengan pH optimum 3. Uji Adsorpsi benzena mengikuti isoterm adsorpsi Freundlich. Peningkatan koefisien partisi benzena menunjukkan, bahwa benzena teradsolubilisasi pada daerah *core* dalam admisel. Benzena teradsolubilisasi pada admisel sebesar 88,13 %.

Kata kunci: Alumina, SDS, adsorpsi benzena

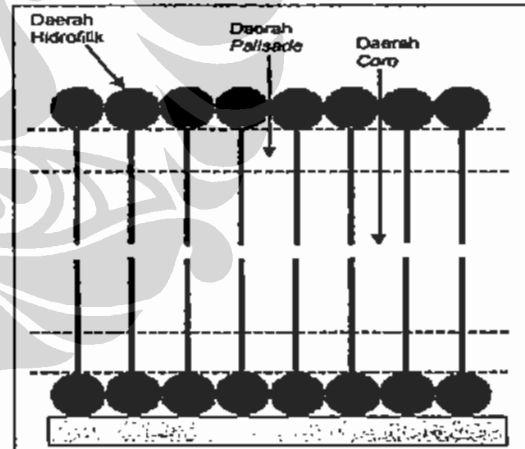
1. PENDAHULUAN

Benzena banyak digunakan pada industri karet, minyak pelumas, zat warna, detergen, obat, dan pestisida. Limbah benzena dapat menyebabkan kerusakan pada darah, sistem imun dan bermanifestasi penyakit kanker.

Beberapa teknik seperti ekstraksi pelarut, *chemical exchange membrane technology*, *reverse osmosis*, filtrasi dan adsorpsi sering digunakan untuk pengolahan limbah cair. Adsorpsi merupakan salah satu metoda yang efektif untuk polutan organik dengan konsentrasi rendah. (Gawade *et al.*, 2004)

Beberapa tahun belakangan ini banyak penelitian dilakukan dalam bidang pemisahan menggunakan surfaktan. Alumina memiliki luas permukaan yang besar, bersifat hidrofilik dan biasanya digunakan sebagai penyerap senyawa polar. Afinitas adsorpsinya rendah untuk senyawa organik non polar, sehingga alumina dapat dimodifikasi menggunakan surfaktan anionik pada pH di bawah titik isoelektriknya membentuk admisel untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi senyawa organik non polar. Karakteristik admisel dapat dilihat pada gambar disamping.

Penelitian ini bertujuan mempelajari modifikasi permukaan alumina menggunakan surfaktan anionik *Sodium Dodesyl Sulfate* (SDS) dan mengetahui kondisi optimum, sehingga dapat digunakan untuk pengolahan limbah benzena.



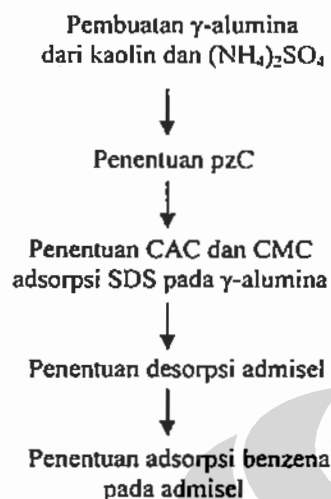
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan dan perlakuan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kaolin, $(NH_4)_2SO_4$, sedangkan bahan yang merupakan senyawa organik adalah *Sodium Dodesyl Sulfate* (SDS), Benzena dan metilen blue.

Dalam penelitian ini peralatan yang dipakai adalah; Difraksi sinar-X, Autosorb 2000, Spektrofotometer UV-Vis, Spektrofotometer FT-IR dan Kromatografi gas.

2.2 Cara Kerja



3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembuatan γ -alumina dan karakterisasi

Untuk membuktikan bahwa hasil pemanasan campuran kaolin dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1:4 pada suhu 400°C selama 10 jam adalah amonium alum, maka difraktogram sinar-X sampel dibandingkan dengan amonium alum standar.

Dari hasil difraktogram sinar-X amonium alum sintesis (Gambar 3.1) didapatkan 3 peak utama pada sudut difraksi (2θ) 10,753; 24,602; dan 31,214 yang mempunyai kemiripan dengan difraktogram amonium alum standar (Tabel 3.1). Kemiripan tersebut hampir sama sehingga dapat dikatakan bahwa sampel tersebut merupakan amonium alum.

Tabel 3.1. Tiga puncak utama difraktogram amonium alum sampel dan standar [Sumber: Joint Committee on Powder Diffraction Standards, 1997].

Parameter	Amonium alum	
	Sampel	Standar
Sudut Difraksi (2θ)	10,753	10,676
	24,602	24,178
	31,214	30,644
Intensitas Puncak	60	60
	100	100
	28	30

Kristal amonium alum yang telah murni dipanaskan pada suhu 900°C selama 6 jam menghasilkan γ -alumina.

Dari difraktogram sinar-X γ -alumina (Gambar 3.2) diperoleh tiga puncak utama, yaitu pada sudut difraksi (2θ) 37,340; 45,770; dan 66,670. sudut difraksi γ -alumina sintesis dan standar dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Tiga puncak utama difraktogram γ -alumina sintesis dan standar [Sumber: Joint Committee on Powder Diffraction Standards, 1997]

Parameter	γ -alumina	
	Sampel	Standar
Sudut Difraksi (2θ)	37,340	37.280
	45,770	45.788
	66,670	67.306
Intensitas Puncak	48	60
	62	100
	100	100

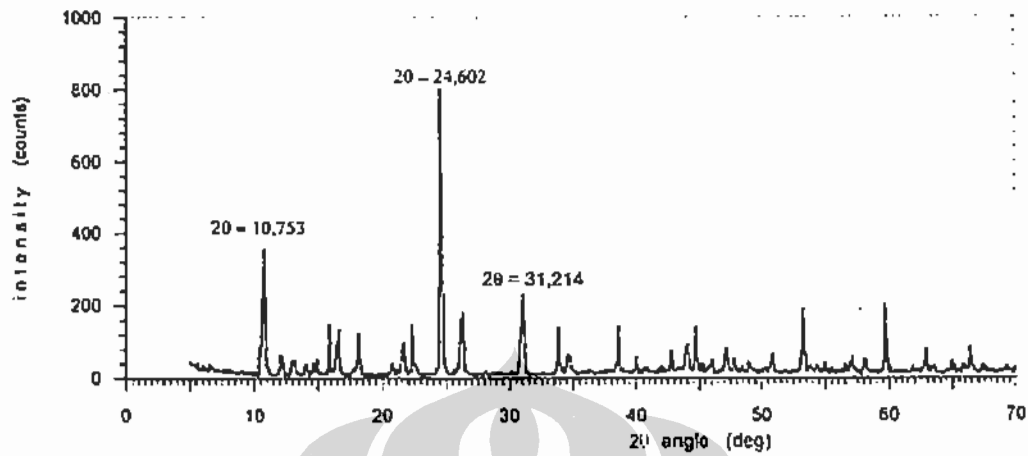
Dari Tabel 3.2 dan terbukti, bahwa hasil pemanasan amonium alum adalah γ -alumina Setelah memastikan struktur γ -alumina yang didapat dengan XRD, kemudian dianalisis dengan Autosorb 2000 untuk mengetahui luas permukaan, volume dan ukuran pori dari γ -alumina yang didapat. Hasil pengukuran luas permukaan γ -alumina adalah sebesar $120,3008 \text{ m}^2/\text{g}$. Volume pori yang diperoleh 0.251303 mL/g dan ukuran pori sebesar 80.4091 \AA (Tabel 3.3).

Tabel 3.3. Karakteristik dari γ -alumina.

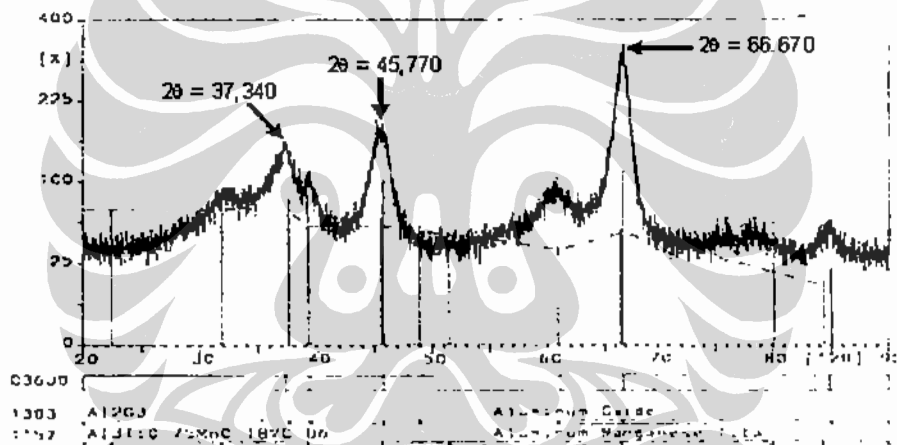
Parameter	γ -Alumina
Luas permukaan	$120,3008 \text{ m}^2/\text{g}$
Volume pori	0.251303 mL/g
Ukuran pori	80.4091 \AA
Point of Zero Charge (PZC)	8

3.2. Hasil penentuan PZC γ -alumina

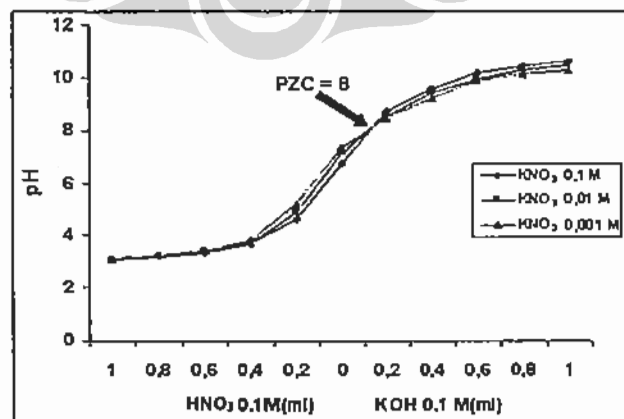
Kurva penentuan PZC γ -alumina dapat dilihat pada Gambar 3.3. Dari hasil percobaan (Gambar 3.3) didapatkan PZC γ -alumina adalah pada pH 8, yang merupakan perpotongan dari ketiga variasi konsentrasi KNO_3 . Berdasarkan hasil tersebut maka kondisi adsorpsi SDS pada permukaan γ -alumina yang ideal adalah pada pH larutan di bawah 8.



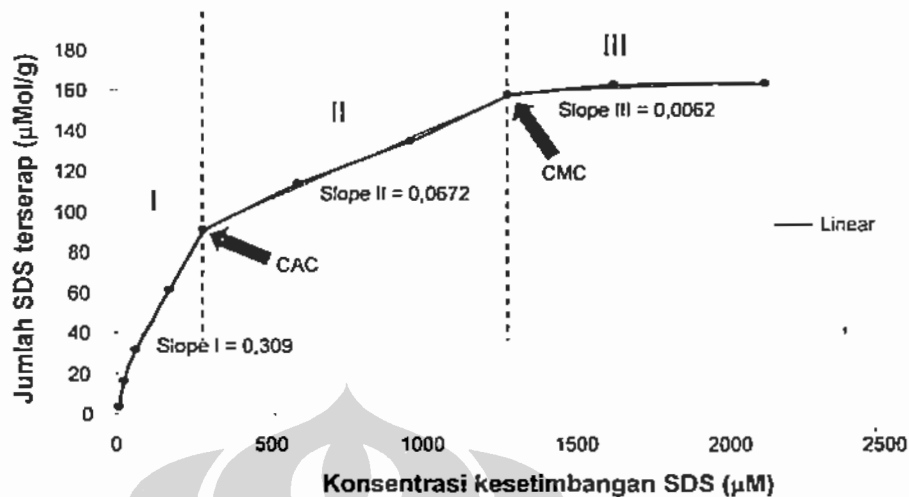
Gambar 3.1. Difraktogram sinar-X amonium alum sintesis.



Gambar 3.2. Difraktogram sinar-X γ -alumina sintesis.



Gambar 3.3. Kurva penentuan PZC γ -alumina sintesis.



Gambar 3.4. Kurva isoterm adsorpsi SDS pada permukaan γ -alumina.

3.3. Penentuan CAC, CMC dan konsentrasi admisel optimum

Pada Gambar 3.4 terlihat isoterm adsorpsi SDS pada permukaan γ -alumina membentuk tiga daerah. Daerah I terjadi pada konsentrasi awal SDS antara 100 μM - 3 mM. Pada daerah I adsorpsi terjadi kenaikan yang tajam pada isoterm adsorpsi, karena terjadinya interaksi elektrostatis antara ion SDS dengan permukaan alumina dan asosiasi hemimisel dari rantai hidrokarbon.

Daerah II terjadi pada konsentrasi awal SDS antara 3 mM - 6 mM. SDS teradsorpsi membentuk bilayer pada permukaan (admisel). Struktur ini berkarakteristik dengan gugus hidrofilik sebagai eksterior dan gugus hidrofobik pada bagian interior. Konsentrasi pada saat dimana terjadi perubahan slope dari daerah I ke daerah II atau pada saat mulai terbentuk admisel dinamakan *Critical Admicelle Concentration* (CAC). Konsentrasi CAC yang didapatkan adalah pada saat konsentrasi awal SDS 3mM.

Daerah III yaitu pada konsentrasi awal SDS antara 6 mM - 7 mM, terjadi penurunan slope yang sangat besar dibandingkan daerah sebelumnya bahkan hampir mendatar, karena terbentuk misel. Konsentrasi pada saat dimana terjadi perubahan slope dari daerah II ke daerah III atau pada saat mulai terbentuk misel dinamakan *Critical Micelle Concentration* (CMC). Konsentrasi CMC yang didapatkan adalah pada saat konsentrasi awal SDS 6 mM.

3.4. Luas permukaan, volume dan ukuran pori admisel

Dari hasil pengukuran terlihat, bahwa terjadi peningkatan luas permukaan pada permukaan γ -

alumina terlapsi SDS (admisel) dibandingkan dengan luas permukaan γ -alumina tanpa SDS, tetapi terjadi penurunan volume pori dan diameter pori. Kenaikan luas permukaan itu terjadi dari 120,3008 m^2/g menjadi 126,2747 m^2/g . Penurunan volume pori dari 0,251303 mL/g menjadi 0,248702 mL/g , sedangkan diameter pori berkurang dari 80,4091 \AA menjadi 75,1601 \AA .

Dari hasil tersebut mengindikasikan, bahwa SDS telah teradsorpsi pada permukaan γ -alumina. Kenaikan luas permukaan disebabkan karena SDS membentuk bilayer pada permukaan γ -alumina. Penurunan volume dan diameter pori disebabkan karena sebagian dari pori telah terisi oleh molekul SDS.

3.5. Karakterisasi interaksi γ -alumina-SDS menggunakan FT-IR

Pada saat terbentuk admisel terlihat ada puncak baru yang muncul pada ν 1160,3 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus S-O yang tidak berikatan dengan Al-O, sehingga sesuai dengan asumsi dimana gugus hidrofilik pada pembentukan admisel menghadap ke arah fasa cair.

3.6. Penentuan pH optimum adsorpsi SDS pada permukaan γ -alumina

Pada Gambar 3.5 terlihat, adsorpsi SDS yang terserap pada permukaan γ -alumina semakin meningkat dengan turunnya pH dari 10 sampai 3. Jika pH menurun maka muatan positif pada permukaan alumina akan meningkat dan jumlah SDS yang teradsorpsi akan meningkat.

Penurunan adsorpsi pada pH 1 dan 2, disebabkan karena protonasi gugus sulfat dari SDS. Oleh karena

itu, pH maksimum adsorpsi SDS pada permukaan alumina terjadi pada pH 3.

3.7. Penentuan desorpsi SDS pada admisel

Desorpsi SDS dari admisel dengan melakukan pengadukan admisel menggunakan akuademineral selama 24 jam menunjukkan adanya desorpsi SDS dari admisel yang cukup kecil, yaitu 0,25 % dari jumlah SDS yang teradsorpsi. Dari data tersebut menunjukkan, bahwa interaksi yang terjadi antara SDS dan γ -alumina cukup kuat. Dengan demikian γ -alumina yang dimodifikasi SDS mempunyai lapisan bilayer yang cukup kuat untuk dapat diaplikasikan terhadap penyerapan benzena.

3.8. Isoterm adsorpsi benzena pada admisel

Pada percobaan adsorpsi benzena pada admisel, dilakukan pada saat konsentrasi SDS maksimum membentuk admisel. Pada keadaan ini media hidrofobiknya dapat mensolubilisasi benzena dan prosesnya disebut adsolubilisasi. Adsolubilisasi dapat dideskripsikan sebagai terpartisinya molekul benzena antara *core* dan fasa air.

Variasi konsentrasi benzena yang ditambahkan adalah 10, 15, 20, 25, 40, 60, dan 80 ppm, dengan kondisi pH larutan 3.

Isoterm adsorpsi Langmuir benzena pada admisel

Gambar 3.8 memperlihatkan isoterm Langmuir untuk adsorpsi benzena pada admisel, dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{a}{q_m}$$

Dimana;

C_e = konsentrasi benzena pada saat kesetimbangan (mg/L),

q_e = jumlah benzena terserap (mg/g),

q_m = jumlah benzena terserap pada adsorpsi monolayer (mg/g),

a = tetapan.

Plot dari $\frac{C_e}{q_e}$ terhadap C_e akan didapatkan harga

$\frac{1}{q_m}$ dan $\frac{a}{q_m}$. Dari hasil percobaan didapatkan

harga $\frac{a}{q_m} = 7,4739$ dan $\frac{1}{q_m}$ sebesar -0,3482 dengan kelinearan sebesar 0,9763.

Isoterm adsorpsi Freundlich pada admisel

Gambar 3.9 memperlihatkan isoterm adsorpsi Freundlich dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

Dimana,

C_e = konsentrasi kesetimbangan benzena (mg/L),

q_e = jumlah benzena terserap (mg/g),

n dan K_f = konstanta pada sistem adsorbat-adsorben.

Plot dari $\ln q_e$ versus $\ln C_e$ akan didapatkan harga n dan K_f . Dari hasil percobaan didapatkan harga

K_f 0,113 dan $\frac{1}{n}$ 1,3093 dengan kelinearan 0,9969.

Dari perbandingan kelinearan (R^2) antara isoterm Langmuir dan Freundlich (Tabel 3.4) terlihat bahwa adsorpsi benzena pada admisel dapat mengikuti persamaan isoterm Freundlich, karena memiliki kelinearan yang lebih tinggi daripada isoterm Langmuir. Artinya pusat-pusat aktif permukaan adsorben bersifat heterogen dan adsorbat membentuk lapisan multimolekuler pada permukaan adsorben.

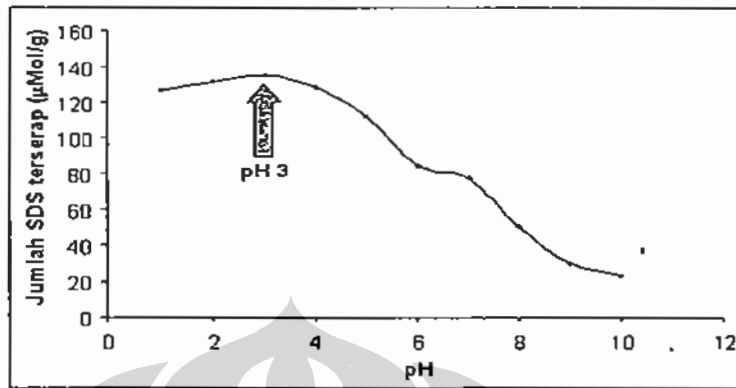
Koefisien partisi adsolubilisasi benzena pada admisel

Berdasarkan Gambar 3.10 terlihat bahwa koefisien partisi meningkat dengan bertambahnya konsentrasi benzena. Hal ini menjelaskan proses adsolubilisasi benzena pada admisel terjadi pada daerah *core* (Dickson & O'Haver, 2002). Daerah *core* memiliki kepolaran yang paling rendah dibandingkan daerah *palisade* sehingga interaksi dengan benzena pada daerah ini lebih kuat.

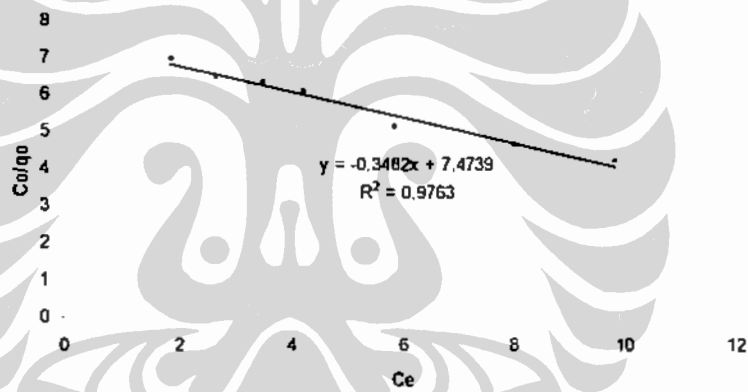
Prosentase benzena yang teradsolubilisasi ditentukan dengan memplot jumlah benzena yang terserap terhadap jumlah benzena pada fasa cair, maka akan didapatkan harga slope yang merupakan rasionya. Dari hasil (gambar 3.11) didapatkan ratio sebesar 7,8216. Ini menunjukkan 7,8216 : 1 bagian benzena yang terserap pada admisel dengan yang tidak, atau terserap sekitar 88,66%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

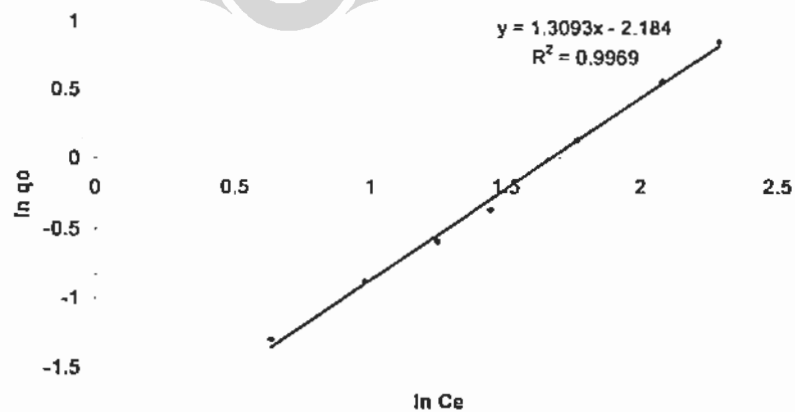
SDS dapat teradsorpsi pada permukaan γ -alumina membentuk admisel pada konsentrasi 5 mM, dengan pH optimum 3. Peningkatan koefisien partisi benzena menunjukkan bahwa benzena teradsolubilisasi pada daerah *core* dalam admisel. Benzena teradsolubilisasi pada admisel sebesar 88,13 %. Uji isoterm adsorpsi menunjukkan, bahwa adsorpsi benzena mengikuti isoterm adsorpsi Freundlich.



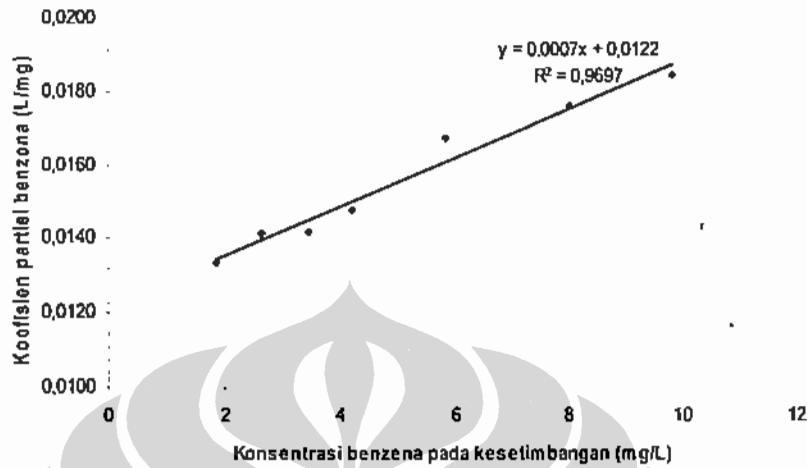
Gambar 3.5. Pengaruh pH Adsorpsi SDS pada permukaan γ -alumina.



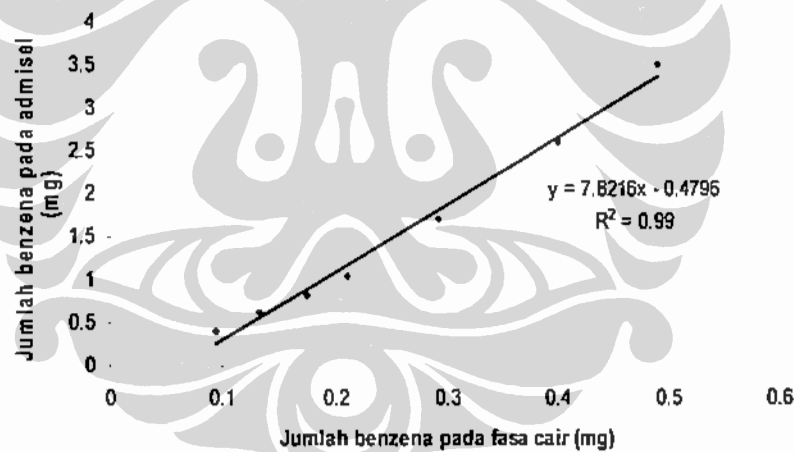
Gambar 3.8. Isoterm Langmuir adsorpsi benzena pada admisel.



Gambar 3.9. Isoterm Freundlich adsorpsi benzena pada admisel.



Gambar 3.10. Koefisien partisi benzena pada admisel



Gambar 3.11. Ratio benzena yang terserap pada admisel dengan benzena pada fasa cair.

DAFTAR PUSTAKA

- Behrends, T. & R. Herrmann. 2000. Adsolubilization of anthracene on surfactant covered silica in dependence on pH: Indications for different adsolubilization in admicelles and hemimicelles. *Journal of colloids and surface*. 162:15-23.
- Dickson, J. & John O'Haver. 2002. Adsolubilization of naphthalene and α -Naphthol in C_{12} TAB admicelles. *Langmuir* 18 (24) : 9171-9176.
- Gawade, A.S, A.K. Vanjara, M.R. Sawant. 2005. Removal of herbicide from water with sodium chloride using surfactant treated alumina for wastewater treatment. *Separation and purification technology*. 41: 65-71.
- Jao-Woo Park & P.R. Jaffe. 1993. Partitioning of three non organic compounds between adsorbed surfactant, micelles, and water. *Environ. Sci. Technol.* 27(12): 2559-2585.

- Koga, M., et al. 1999. Rapid determination of anionic surfactant by improved spectrophotometric method using methylene blue. *Analytical science*. 14: 563-568
- Noh, J.S. & J.A. Schwarz. 1989. Estimation of the point of zero charge of simple oxides by mass titration. *Journal of colloid and interface science*. 130 (1): 157-164.
- United States Public Health Service. 1995, *Toxicological Profile for Benzene*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Rosen, M.J. 1978. *Surfactants and interfacial phenomena*. John Wiley & Sons, Inc., New York: 304 hlm.
- Schameron, J.F., R.S. Schechter & W.H. Wade. 1982. Adsorption of surfactants on mineral oxide surface from aqueous solutions: Isomerically Pure Anionic Surfactants. *Journal of colloid and interface science*. 85(2): 463-478.
- Somasundaran, P. & D.W. Fuerstenau. 1966. Mechanisms of alkyl sulfonate adsorption at the alumina-water interface. *The journal of physical chemistry*. 70(1): 90-96.
- Utari, Tresye. 1994. *Pembuatan adsorben alumina dari kaolin*. Karya utama sarjana magister kimia. Departemen kimia, FMIPA UI.

