

## **KESETIMBANGAN ADSORBSI SENYAWA FENOL DENGAN TANAH GAMBUT**

**ZULTINIAR, DESI HELTINA**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293

### **ABSTRAK**

*Konsentrasi fenol yang relatif meningkat dengan seiring bertambahnya industri yang menghasilkan fenol, mengakibatkan tingkat pencemaran fenol diperairan meningkat pula. Untuk itu perlu penanganan limbah khususnya limbah fenol. Alternatif pengolahan limbah fenol yaitu menggunakan proses adsorpsi dengan tanah gambut. Penelitian Kesetimbangan adsorpsi Fenol dengan tanah Gambut dilakukan untuk mendapatkan kapasitas jerap maksimum, model kesetimbangan dan nilai konstanta kesetimbangan, serta mengetahui pengaruh suhu terhadap daya jerap maksimum fenol oleh tanah gambut. Penelitian tanah gambut meliputi, pencucian, penjemuran, aktivasi. Larutan fenol dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) tertentu dimasukkan dalam reaktor batch berpengaduk sampai mencapai waktu kesetimbangan, dan dilakukan pada suhu tertentu. Sampel diambil tiap waktu, kemudian di analisa dengan menggunakan Spektrofotometri UV, diperoleh kurva kesetimbangan isotherm adsorpsi. Percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan kurva isotherm adsorpsi pada variasi suhu  $30^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$  dan  $50^{\circ}\text{C}$  serta konsentrasi awal ( $C_0$ ) 100, 120, 140 dan 160 ppm. Dari percobaan di dapatkan waktu kesetimbangan sekitar 3 jam, Data kesetimbangan menunjukkan bahwa proses adsorpsi berlangsung optimal pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan adsorpsi yang terjadi termasuk fisika. Nilai konstanta Freundlich pada kondisi optimum ( $30^{\circ}\text{C}$ ) adalah 0,001226.*

*Kata kunci : adsorpsi, fenol, gambut, kesetimbangan*

## PENDAHULUAN

Ahmeed dan Hameed (1997) menyatakan bahwa fenol terakumulasi secara tetap pada lingkungan. Pembuangan limbah bahan ini secara terus menerus memungkinkan adanya akumulasi limbah, sehingga kadarnya potensial melampaui nilai ambang batas dan dapat membahayakan makhluk hidup. Dari data Bapedalda propinsi RIAU (2005) diperoleh kadar fenol di sungai Siak 0,0003mg/L. Kemungkinan angka ini akan terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, akumulasi limbah fenol dan bertambah jumlah industri disekitar sungai Siak.

Gambut adalah material organik alam yang dapat digunakan sebagai adsorben, dengan karakteristik memiliki kapasitas tukar ion yang cukup tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gambut memiliki kemampuan menyerap 4 kali lebih baik dibanding dengan zirconium maupun titanium (Parkash dan Brown,1976). Penggunaan gambut sebagai adsorben pada proses adsorpsi dapat dilakukan, karena disamping alatnya sederhana juga mudah dilakukan. Melihat kondisi diatas maka penelitian perlu dilakukan yaitu adsorpsi dengan menggunakan tanah gambut sehingga dapat mengetahui kecepatan penyerapan tanah gambut sebagai adsorben terhadap bahan pencemar fenol.

Variabel berubah yang dipakai dalam penelitian ini adalah konsentrasi dan adsorbat dan suhu adsorpsi, sedangkan variabel tetap adalah kecepatan pengadukan dan waktu kontak. Selain mempelajari kemampuan tanah gambut sebagai adsorben dalam menurunkan konsentrasi fenol pada air limbah, juga dilakukan pengujian model kesetimbangan yang menggambarkan model kesetimbangan yang cocok pada penelitian ini. Kesetimbangan proses adsorpsi dipengaruhi oleh jenis adsorbat dan adsorben, suhu, dan konsentrasi adsorbat. Setiap pasangan adsorbat dan adsorben mempunyai karakteristik kesetimbangan sendiri yang berbeda dengan pasangan yang lain.

Bentuk umum yang digunakan untuk model kesetimbangan pada sistem adsorpsi adalah model isoterm Freundlich dan model isoterm Langmuir. Model kesetimbangan yang dilakukan akan diperoleh konstanta kesetimbangan. Data konstanta kesetimbangan dapat digunakan untuk merancang alat adsorpsi fenol menggunakan adsorben tanah gambut.

## TINJAUAN PUSTAKA

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 (Angriani dan Kurniaty, 2007).

Berdasarkan pengikatan yang terjadi antara molekul dan permukaan, adsorpsi diklasifikasikan dua tipe yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia (Amri, A.,2002). Adsorpsi fisika terjadi terutama karena adanya gaya tarik antar molekul zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari pada gaya tarik antara molekul dengan pelarutnya, maka zat terlarut tersebut akan diadsorpsi, sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Sedangkan adsorpsi kimia terjadi karena adanya reaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben dimana terbentuk ikatan kovalen dengan ion.

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 (Ramdhani,2008)

Kesetimbangan adsorpsi terjadi bila larutan dikontakkan dengan adsorben padat, dan molekul dari adsorbat berpindah dari larutan ke padatan sampai konsentrasi adsorbat dilarutan dan padatan dalam keadaan setimbang. Untuk mengukur kesetimbangan adsorpsi dapat dilakukan dengan pengukuran konsentrasi adsorbat di larutan pada awal dan pada waktu kesetimbangan. Bentuk umum yang digunakan untuk model kesetimbangan pada sistem adsorpsi adalah model isoterm Freundlich dan model isoterm Langmuir yang dijelaskan berikut ini (Angriani dan Kurniaty, 2007 ).

### Model Isoterm Freundlich

Model isoterm Freundlich menjelaskan tentang rumus adsorpsi seperti dibawah ini

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

Model Isoterm Langmuir:

$$Q_e = \frac{Q_0 K C_e}{1 + K C_e} \quad (2)$$

## **METODE PENELITIAN**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fenol, tanah gambut, asam sulfat dan aquades. Sedangkan alat yang digunakan adalah waterbatch, oven, pengaduk, stopwatch, spektrofotometri UV dan alat-alat gelas

Dalam penelitian ini variabel yang dilakukan adalah, 1). Konsentrasi awal fenol (Co) : 100, 120, 140 dan 160 ppm; 2). Suhu 30, 40, 50 ( $^{\circ}\text{C}$ ) dengan variabel lainnya tetap, mengacu pada penelitian sebelumnya.

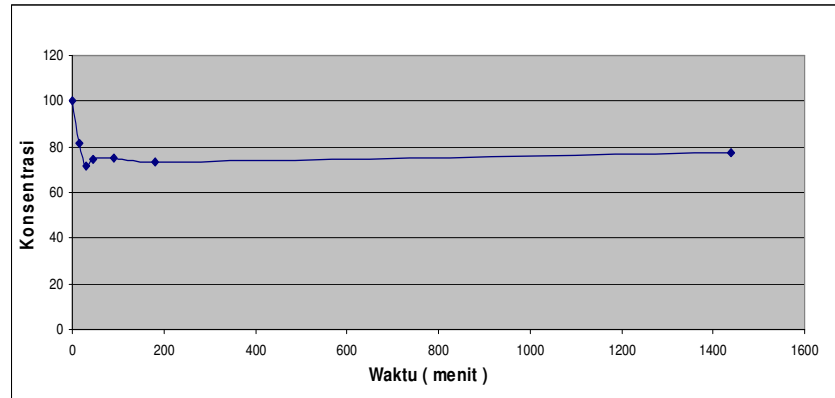
Gambut diambil dari daerah Srikandi Panam, lalu dicuci kemudian dikeringkan dengan panas matahari sampai gambut kering. Pengolahan dan persiapan adsorben gambut dilakukan secara fisika dan kimia. Langkah pertama gambut dicampur dengan asam sulfat, diaduk selama 2 jam, dengan perbandingan 10 g gambut untuk 100 ml asam sulfat 1 M. Kemudian cuci gambut dengan aquadest. Saring dan keringkan gambut pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam di dalam oven lalu dinginkan. Hancurkan gambut yang dengan ball mill, ayak dengan ukuran mesh tertentu. Adsorben gambut yang diperoleh kemudian disimpan didalam kantong plastik.

Kemudian dilakukan percobaan pendahuluan, ini bertujuan untuk mendapatkan waktu kesetimbangan penjerapan fenol oleh tanah gambut. Larutan fenol dengan konsentrasi tertentu dimasukkan kedalam tangki berpengaduk sebanyak 500 ml, kemudian pada tangki dimasukkan gambut sebanyak 25 gr, diaduk dengan kecepatan 200 rpm. Ambil cairan sampel  $\pm 10$  ml tiap 15 menit selama 2 jam pertama dan pada setiap jam berikutnya sampai 24 jam. Waktu kesetimbangan diperoleh saat konsentrasi fenol relatif tetap.

Pengambilan dan pengolahan data kesetimbangan dilakukan dengan cara larutan fenol dengan konsentrasi 100 ppm dimasukkan kedalam tangki berpengaduk sebanyak 500 ml. Kemudian pada tangki dimasukkan gambut sebanyak 25 gr, diaduk pada kecepatan 200 rpm. Pengambilan sampel dilakukan pada waktu kesetimbangan. percobaan ini diulangi dengan variasi konsentrasi awal fenol dan variasi suhu. Pengujian model kesetimbangan dilakukan dengan metode regresi linier untuk setiap variasi suhu dan konsentrasi awal, kemudian diperoleh parameter kesetimbangannya. Setiap sampel yang diambil dianalisa kadar fenolnya dengan spektrofotometer UV pada  $\lambda$  270 nm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Penentuan Waktu Kesetimbangan Adsorpsi

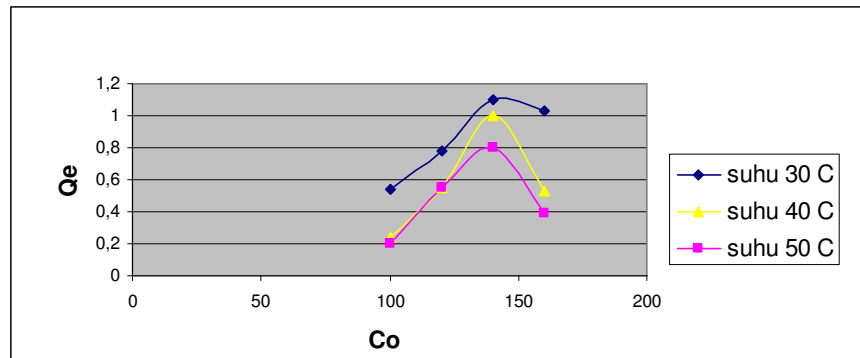


**Gambar 4.1 Waktu Kesetimbangan Penjerapan Fenol**

Gambar 4.1 menampilkan hasil percobaan waktu kesetimbangan, dimana dapat dilihat bahwa waktu kesetimbangan tercapai setelah pengontakan larutan fenol dengan tanah gambut selama 3 jam, hal ini dapat dilihat bahwa fenol yang terjerap pada waktu pengontakan 24 dan 48 jam tidak lagi menambah fenol yang terjerap. Jumlah zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben merupakan proses berkesetimbangan, sebab laju peristiwa adsorpsi disertai dengan terjadinya desorpsi. Pada saat awal, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibandingkan dengan peristiwa desorpsi, sehingga adsorpsi berlangsung cepat. Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat, dan sebaliknya laju desorpsi cenderung meningkat. Waktu ketika laju adsorpsi adalah sama dengan laju desorpsi disebut sebagai keadaan berkesetimbangan. Pada keadaan berkesetimbangan tidak teramati perubahan secara makroskopis.

Gambar 4.1 memperlihatkan bahwa kecepatan adsorpsi fenol oleh tanah gambut terbagi menjadi dua fase. Fase pertama berlangsung sangat cepat yaitu pada 30 menit pertama. Kecepatan adsorpsi kedua berlangsung lambat dan mencapai jenuh pada 3 jam waktu kontak. Kecepatan adsorpsi yang tinggi pada fase pertama disebabkan terjadinya interaksi antara fenol dengan pusat aktif pada permukaan tanah gambut masih sanget. Pada fase kedua penambahan fenol yang terjerap dipermukaan tanah gambut semakin lambat, hingga pada keadaan hampir seluruh poros dinding tanah gambut telah jenuh dimana kecepatan adsorpsi telah sama dengan desorpsi.

#### 4.2. Pengaruh Suhu Terhadap Daya Jerap Pada Variasi Konsentrasi awal



**Gambar 4.2 Grafik hubungan  $Q_e$  dan  $C_o$  pada berbagai suhu**

Gambar 4.2 memperlihatkan hubungan  $C_o$  (konsentrasi awal) dengan  $Q_e$  (kapasitas jerap adsorben pada keadaan setimbang). Dari gambar tersebut dapat dilihat pengaruh suhu terhadap daya jerap, dimana pada suhu 30°C merupakan suhu yang paling optimal terjadinya penjerapan adsorbat oleh adsorben dan lebih tinggi bila dibandingkan dengan suhu 40°C dan 50°C.

Adsorpsi merupakan proses membebaskan panas (eksoterm). Pada gambar 4.2 dapat dilihat semakin tinggi suhu maka proses penjerapan yang terjadi semakin lemah.

#### 4.3. Prediksi Model Keseimbangan Adsorpsi

Untuk memprediksi model keseimbangan adsorpsi pada penelitian ini digunakan persamaan isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Dari persamaan tersebut kita dapat menentukan nilai konstanta keseimbangan dan menganalisa karakteristik adsorpsi. Pengujian model keseimbangan dilakukan dengan metode regresi linier untuk setiap variasi suhu dan konsentrasi awal, kemudian diperoleh parameter kesetimbangannya. Parameter kesetimbangan tersebut akan dimasukkan kedalam masing-masing persamaan model yang di tinjau, maka akan diperoleh jumlah fenol yang terjerap berdasarkan hasil perhitungan. Kemudian nilai hasil perhitungan fenol yang terjerap ini akan dibandingkan dengan jumlah fenol yang terjerap berdasarkan hasil penelitian, sehingga akan diperoleh persentase kesalahan (contoh perhitungan terlampir). Dimana semakin kecil persentase kesalahan, semakin cocok dan mendekati model yang di uji. Pada table berikut dapat dilihat perbandingan  $Q_e$  fenol hasil perhitungan dari model keseimbangan dengan  $Q_e$  data berdasarkan percobaan.

**Tabel 4.1. Perbandingan Qe Percobaan dan Qe Perhitungan Pada Suhu 30<sup>o</sup>C**

Co	Ce	Qe perc	Qe perhitungan	
			Langmuir	Freundlich
100	73,198	0,5360	0,6210	0,6548
120	81,036	0,7793	0,7312	0,7598
140	85,174	1,0965	0,7953	0,8172
160	108,430	1,0314	1,2580	1,1634
Ralat (%)			17,87	15,73

**Tabel 4.2 Perbandingan Qe Percobaan dan Qe Perhitungan Pada Suhu 40<sup>o</sup>C**

Co	Ce	Qe perc	Qe perhitungan	
			Langmuir	Freundlich
100	87,803	0,2439	0,4165	0,5026
120	92,289	0,5542	0,4339	0,5087
140	89,840	1,0032	0,4244	0,5054
160	133,460	0,5308	0,5805	0,5566
Ralat (%)			39,87	42,18

**Tabel 4.3 Perbandingan Qe Percobaan dan Qe Perhitungan Pada Suhu 50<sup>o</sup>C**

Co	Ce	Qe perc	Qe perhitungan	
			Langmuir	Freundlich
100	90,159	0,1968	0,3364	0,4162
120	92,469	0,5506	0,3433	0,4182
140	99,899	0,8020	0,3651	0,4245
160	140,7105	0,3858	0,4737	0,4537
Ralat (%)			46,46	50,04

**Tabel 4.4 Ralat Rata-rata Qe pada berbagai model**

Parameter	% kesalahan Qe	
	Langmuir	Freundlich
Suhu 30 <sup>o</sup> C	17,87	15,73
Suhu 40 <sup>o</sup> C	39,87	42,18
Suhu 50 <sup>o</sup> C	46,46	50,04
Rata-rata	34,73	35,98

Dari tabel 4.1 sampai 4.3 memperlihatkan bahwa isoterm Langmuir dan Freundlich memberikan ralat yang relatif hampir sama besar, hal ini mengindikasikan bahwa penjerapan yang terjadi tidak hanya secara fisis tetapi juga terjadi secara kimia dengan kombinasi yang relatif berimbang.

Pada variasi suhu yang terlihat pada tabel 4.1 sampai 4.3 untuk suhu 30°C, isoterm Freundlich lebih baik dari pada isoterm Langmuir, sedangkan pada suhu 40°C dan 50°C terlihat bahwa isoterm Langmuir lebih baik. Hasil ini menyimpulkan bahwa mekanisme adsorpsi meliputi adsorpsi fisis dan kimiawi.

Ralat yang terbesar pada kedua model disebabkan oleh isoterm Langmuir mengasumsikan adsorpsi yang terjadi secara kimia, sedangkan Freundlich mengasumsikan adsorpsi yang terjadi adalah secara fisis. Kedua model ini tidak mempertimbangkan adanya adsorpsi secara kimia dan fisika secara bersamaan. Secara keseluruhan nilai ralat dari kedua model relatif hampir sama.

#### 4.4 Kapasitas Adsorpsi

**Tabel 4.6 Nilai Kapasitas Adsorpsi (Qe) Pada Berbagai Suhu**

Co	suhu 30 C		suhu 40 C		suhu 50 C	
	Ce	Qe	Ce	Qe	Ce	Qe
100	73,198	0,5360	87,803	0,2439	90,159	0,1968
120	81,036	0,7793	92,289	0,5542	92,469	0,5506
140	85,174	1,0965	89,840	1,0032	99,899	0,8020
160	108,430	1,0314	133,460	0,5308	140,710	0,3858

Nilai kapasitas adsorpsi cenderung semakin berkurang dengan meningkatnya suhu. Hal ini terlihat pada suhu 40°C dan 50°C daya jerap gambut mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena fenol mudah teroksidasi pada suhu yang lebih tinggi, sehingga penjerapan yang terjadi kurang maksimal. Kapasitas jerap saat kesetimbangan (Qe) tertinggi pada penelitian ini 1,0965 mg fenol/gr gambut (39,16 %) yang terjadi pada suhu 30°C dan konsentrasi awal 140 ppm.

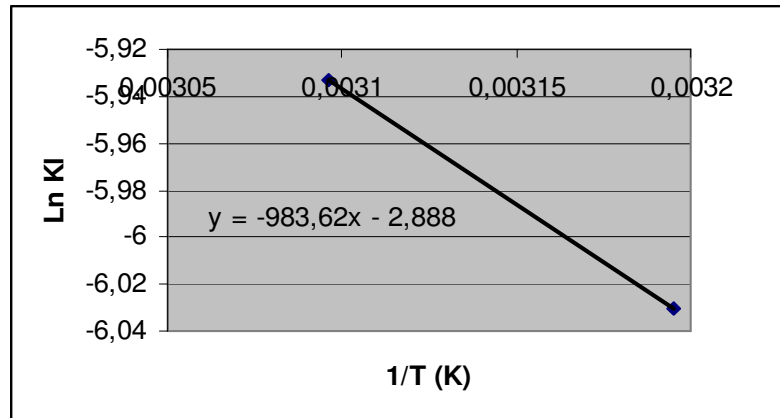
#### 4.6 Panas Adsorpsi

Panas adsorpsi dalam percobaan ini dapat diperoleh dari hubungan konstanta kesetimbangan Langmuir dengan suhu dengan persamaan:



$$K_L = K_o \exp ( - \Delta H/ RT ) \quad (5)$$

Grafik hubungan suhu terhadap konstanta kesetimbangan secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan LnK<sub>L</sub> dan 1/T (°K)

Dari tabel diatas didapat persamaan linier yang menghubungkan konstanta kesetimbangan dan suhu :

$$\ln K_L = - 2,888 - 983,62 / T \quad (7)$$

Dari persamaan (7) di dapat panas adsorpsi sebesar 1,954453 kcal/mol °K. Panas adsorpsi adalah perubahan panas atau entalpi sistem yaitu jumlah panas yang dibebaskan oleh suatu adsorbat terhadap adsorben. Dari panas adsorpsi ini kita dapat mengetahui proses adsorpsi yang terjadi. Adsorpsi yang terjadi lebih didominasi oleh proses fisis, karena panas adsorpsinya dibawah 10 kcal.

## PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan perhitungan dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Penjerapan saat kesetimbangan yang tertinggi pada penelitian ini terjadi pada suhu 30°C dan konsentrasi awal 140 ppm dengan Q<sub>e</sub> 1,0965 mg fenol/gr gambut dan waktu kesetimbangan tercapai pada saat pengontakan larutan fenol dengan tanah gambut selama 3 jam.

2. Model kesetimbangan yang mendekati pada percobaan adsorpsi fenol dengan tanah gambut relatif sama antara isoterm Freundlich dan Langmuir.
3. Kapasitas jerap pada saat kesetimbangan semakin berkurang dengan semakin tingginya kondisi suhu adsorpsi.
4. Jenis adsorpsi yang terjadi lebih didominasi adsorpsi secara fisis dengan panas adsorpsi 1,954453 kcal/mol °K.

## **5.2. Saran**

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan dengan variasi pH, jumlah adsorbat, dan mencoba aktivator lain untuk aktivasi gambut agar mendapatkan daya jerap fenol dengan tanah gambut yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S. and Hameed, A.**, 1997, Biotreatment of Phenolic Waste Water from a Typical Pharmaceutical Plant, *Industrial and Environmental Biotechnology*, 225-226.
- Amri, A.** 2002, *Keseimbangan Adsorpsi Sistem Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-Merkaptobenzenotiazol*, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Angriani, D dan Kurniaty, N.**, 2007, *Keseimbangan Adsorpsi Residu Minyak dari Limbah Cair Pabrik Minyak Sawit Menggunakan Gambut Aktif*, Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru
- Fahmuddin, A., dan Subiksa, I.G.M.**, 2008, *Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*, Balai Penelitian Tanah Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor
- Parkash, A.S., dan Brown, R.A.S.**, 1976, *Treatment of Metal Ions with Peat*, Can. Min. and Metal, Bull., 69.59-64
- Ramdhani, E.P.**, 2008, *Karakteristik Penyerapan Fenol Dengan Tanah Gambut Terhadap Pengaruh Suhu dan Kecepatan Pengadukan*, Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru
- Yenti, Reni, S.**, 2003. Penyerapan Ion Logam Seng (ii) Dan Tembaga (ii) Pada Limbah Oleh Tanah Gambut Menggunakan Metoda Statis Dan Dinamis. *Jurnal Sains dan Teknologi Vol 2*. Pekanbaru.