

## KAJIAN TERMODINAMIKA PENYERAPAN ZAT WARNA METIL ORANYE (MO) DALAM LARUTAN AIR OLEH KITOSAN

F. Widhi Mahatmanti, Woro Sumarni  
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pada kitosan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna Metil Oranye (MO) dalam larutan air. Parameter yang mempengaruhi adsorpsi yaitu energi dan kapasitas adsorpsi dipelajari. Penelitian diawali dengan identifikasi gugus fungsional yang terdapat pada kitosan secara spektrofotometri Infra Merah. Model Isoterm Adsorpsi Langmuir digunakan untuk menetapkan kapasitas dan energi adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi Metil Oranye pada adsorben kitosan adalah sebesar  $8,9839 \times 10^{-5}$  mol/gram kitosan, dan energi adsorpsi adalah 35,8783 KJ/mol.

**Kata kunci :** Adsorpsi, Kitosan, Metil Oranye (MO)

### ABSTRACT

Research have been conducted on chitosan as adsorbent that adsorbed metil orange (MO) in aqueous system. Variable that effect adsorbtion are adsorbtion capacity and energy. The first step of research is identified of functional groups from chitosan by using infra red spektrofotometry, wheares in second step of research determining of adsorbtion isoterm. The result indicated that adsorbtion capacity of MO on chitosan is  $8,9839 \times 10^{-5}$  mol/gram chitosan and adsorbtion energy is 35,8783 KL/mpl.

**Key words :** Adsorbtion, chitosan, methyl orange (MO)

### PENDAHULUAN

Salah satu penghasil limbah cair adalah industri tekstil, terutama pada proses pewarnaan. Dalam proses pewarnaan tekstil banyak menggunakan air, maka jumlah air yang hilang tersebut diduga merupakan limbah cair yang pada akhirnya akan mencemari air sungai/perairan yang menerimanya. Air limbah tekstil ini bila dibuang ke perairan selain menyebabkan air mempunyai tingkat warna yang tinggi juga akan menyebabkan kenaikan BOD yang nyata (Gupta dkk, 1988)

Zat warna Metil Oranye merupakan zat warna anionik atau sering disebut dengan zat warna asam, yang sangat berguna sebagai larutan indikator asam bagi kepentingan analitik diberbagai laboratorium kimia. Laboratorium yang bersangkutan terus-menerus akan membuang zat-zat tersebut ke lingkungan. Zat warna Metil Oranye secara perlahan akan mencemari lingkungan sekitar laboratorium. Sebagai masyarakat ilmiah yang setiap saat ada di lingkungan laboratorium kimia dan menggunakan zat warna Metil Oranye, harus melakukan upaya mengurangi cemaran zat tersebut sebelum dibuang ke lingkungan perairan.

Berdasarkan kenyataan bahwa zat warna Metil Oranye secara perlahan akan mencemari lingkungan laboratorium kimia dan penelitian terdahulu maka diaju-

kan suatu adsorben alternatif yang digunakan yaitu kitosan. Kitosan adalah kitin yang telah mengalami deasetilasi dengan menggunakan NaOH konsentrasi tinggi (Muzzarelli, 1977). Kitin tersebar luas di alam dan merupakan senyawa organik kedua yang melimpah di bumi setelah selulosa. Kitosan mempunyai gugus aktif  $-NH_2$  yang akan berinteraksi secara elektrostatik dengan zat warna Metil Oranye pada pH yang rendah.

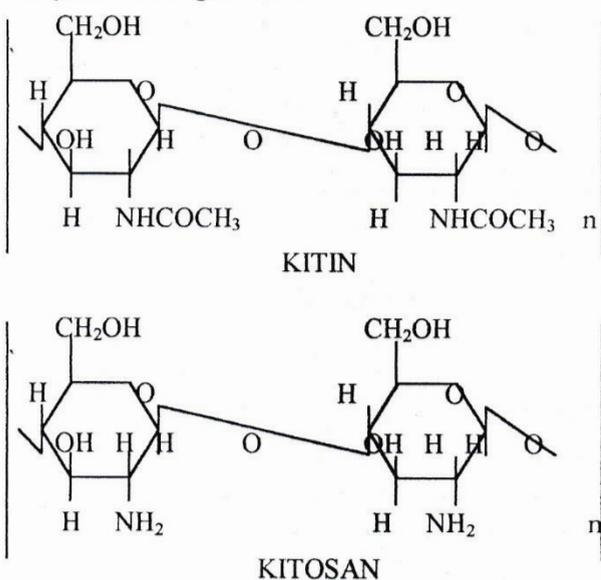
#### *Kitosan sebagai bahan penyerapan*

Kitosan merupakan hasil deasetilasi kitin, yaitu kitin yang telah mengalami penghilangan gugus asetil (Suhardi, 1993). Kitin untuk pertama kalinya dipelajari oleh Braconnot pada tahun 1811 dalam penelitiannya tentang jamur. Penelitian dilanjutkan pada tahun 1923 oleh Odier yang mempelajari polisakarida dari jamur, dan menamainya dengan kitin. Kitin berasal dari bahasa Latin yang artinya penutup atau sampul. Kitosan ditemukan oleh Rouget pada tahun 1859 dengan cara mendidihkan kitin dalam larutan KOH pekat dan larut dalam asam organik. Kitosan ini memberikan warna violet bila direaksikan dengan iodine dan asam, sedangkan kitin menghasilkan warna coklat.

Kitin merupakan suatu polisakarida alami yang mengandung N-asetil-D-glukosamin sebagai unit pengu-

langnya dengan ikatan  $\beta$ -(1-4). Kitin membentuk kristal berwarna putih, tidak berasa, tidak berbau dan tidak dapat larut dalam pelarut organik umumnya serta dalam asam atau basa encer. Kitin memiliki sifat khas seperti bioktivitas, biodegradabilitas dan sifat tidak liat, sehingga merupakan jenis polimer yang banyak dimanfaatkan pada berbagai bidang (Brine, 1984).

Kitosan adalah polimer dari 2-amino-2 Deoksi-D-glukosa. Untuk membedakan polimer kitin dan kitosan berdasarkan kandungan nitrogennya. Polimer kitin mempunyai kandungan nitrogen kurang dari 7% dan kitosan bila mempunyai kandungan nitrogen lebih dari 7%. Di alam kelompok kitin dan kitosan merupakan senyawa yang tidak dibatasi dengan stoikiometri secara pasti. Kitosan merupakan senyawa yang mempunyai daya koagulan dan sering dimanfaatkan sebagai koagulan limbah industri, terutama pengolahan air minum karena sifatnya yang tidak beracun dan mudah terbiodegradasi (Kawamura, 1991). Berat molekul kitosan  $1,2 \times 10^5$ , tergantung pada degradasi yang terjadi selama proses deasetilasi. Sifat-sifat kitosan dihubungkan dengan adanya gugus-gugus amino ( $-NH_2$ ) dan hidroksil ( $-OH$ ) yang terikat. Adanya gugus-gugus tersebut menyebabkan kitosan mempunyai reaktivitas yang tinggi dan memberikan sifat polielektrolit kation sehingga dapat berperan sebagai amino penganti. Adsorben kitosan mempunyai kemampuan mengikat lebih kuat daripada kitin karena gugus-gugus aktifnya (Muzzarelli, 1977). Struktur kitin dan kitosan disajikan dalam gambar 1.

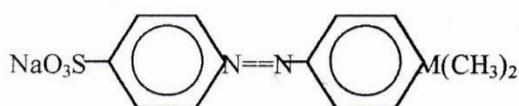


Gambar 1. Struktur kitin dan kitosan

Adanya gugus aktif  $-NH_2$  (merupakan gugus aktif yang mayoritas) pada permukaan kitosan akan menimbulkan muatan positif pada medium air dan medium yang asam. Muatan ini harus dimbangi muatan yang berlawanan supaya netral. Oleh karena itu, kitosan dalam larutan yang bersifat asam (pH 4,8) dapat menarik molekul-molekul lain yang bermuatan negatif. Pada pH 4,8 indikator Metil Oranye akan berbentuk sebagai gugus asamnya menurut persamaan reaksi:



Hal ini yang menyebabkan mengapa zat warna Metil Oranye dapat diserap oleh adsorben kitosan. Ikatan yang terjadi adalah ikatan elektrostatis (ionik) antara kitosan yang bermuatan positif dan zat warna yang bermuatan negatif. Struktur Metil Oranye disajikan dalam gambar 2.



Gambar 2. Struktur Metil Oranye

#### Penyerapan zat warna Metil Oranye (MO)

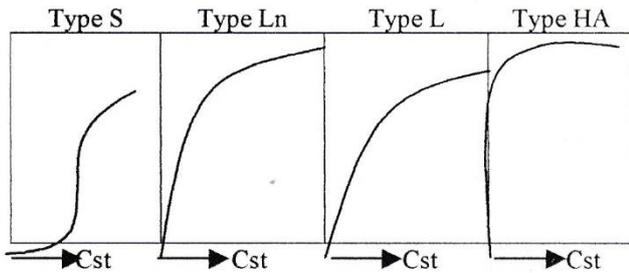
Pengolahan air limbah pada umumnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan cara penyerapan (adsorpsi). Adsorpsi zat warna asam *Solophenyl Turquoise Blue* dengan menggunakan kitosan telah dilakukan oleh Probandari pada tahun 1999. Tetapi adsorpsi oleh kitosan terhadap zat warna Metil Oranye belum pernah dikerjakan.

Menurut Oscik (1982), adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik-menarik antar molekul atau interaksi kimia atau akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas/uap atau cairan. Dalam proses adsorpsi terdapat berbagai macam gaya intermolekul yang sangat menentukan jenis adsorpsi yang berlangsung, yakni gaya Van de Waals, gaya hidrofob, ikatan hidrogen, gaya elektrostatis, dan ikatan kovalen.

Proses adsorpsi biasanya diikuti dengan pengamatan isoterm adsorpsi yaitu banyaknya zat yang teradsorpsi per gram zat padat yang dialurkan terhadap tekanan akhir fasa ruah pada temperatur tetap. Apabila system yang diteliti adalah system padat-cair, maka grafik yang harus dibuat adalah banyaknya zat yang terad-

sorpsi per gram zat padat terhadap konsentrasi akhir dari fasa ruah pada temperatur tetap (Trotman, 1984 dalam Sumarni, W 2001).

Giles dan McEwan mengklasifikasikan isoterm adsorpsi larutan encer menjadi empat jenis dasar, seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Jenis-jenis isoterm adsorpsi

Keterangan gambar :

$C_{sb}$  :Konsentrasi kesetimbangan dari zat terlarut yang teradsorpsi pada substrat

$C_{sl}$  :Konsentrasi larutan pada kesetimbangan

Dari keempat jenis isoterm adsorpsi tersebut, jenis isoterm adsorpsi L atau jenis Langmuir yang umum dijumpai dalam adsorpsi larutan encer. Langmuir mengembangkan suatu model kuantitatif yang telah diterapkan untuk menjelaskan fenomena adsorpsi. Langmuir mengasumsikan bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif yang proporsional dengan luas permukaan. Masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul saja, dengan demikian adsorpsi hanya terbatas pada pembentukan lapis tunggal (*monolayer*).

Dalam sistem larutan, adsorpsi isoterm Langmuir memberikan persamaan sebagai berikut :

$$\theta = \frac{m}{b} = \frac{Kc}{1 + Kc} \dots\dots\dots (1)$$

atau

$$m = \frac{b.Kc}{1 + Kc} \dots\dots\dots (2)$$

dimana m adalah jumlah mol molekul adsorbat, K adalah parameter afinitas, b adalah kapasitas permukaan adsorben, dan c adalah konsentrasi ion logam saat kesetimbangan. Untuk tujuan estimasi tetapan adsorpsi K dan kapasitas adsorpsi b, maka persamaan (1) dapat dituliskan dalam tiga bentuk persamaan.

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{b} + \frac{1}{b.Kc} \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{c}{m} = \frac{1}{Kb} + \frac{1}{b}c \dots\dots\dots (4)$$

$$m = b - \frac{1}{K} \frac{m}{c} \dots\dots\dots (5)$$

Persamaan (3), (4), dan (5) berturut-turut digunakan untuk proses adsorpsi dengan K relatif rendah, sedang dan relatif tinggi. Dengan demikian persamaan (4) dapat dihitung energi adsorpsinya melalui persamaan :

$$E = R. T. \ln K \dots\dots\dots (6)$$

dimana E adalah energi adsorpsi, R adalah tetapan gas universal (8,314 J/Kmol), dan T adalah temperatur Kelvin dan K adalah harga konstanta kesetimbangan adsorpsi.

*Tujuan Penelitian*

Tujuan penelitian ini adalah: mengetahui kapasitas dan energi penyerapan kitosan terhadap Metil Oranye

**METODE PENELITIAN**

*Populasi dan Sampel*

Penelitian ini dilakukan melalui pengamatan di lapangan maupun eksperimen langsung di laboratorium. Dalam penelitian ini kitosan yang digunakan adalah kitosan SIGMA dengan derajat deasetilasi 85%. Karena populasi bersifat homogen maka sampel dalam penelitian ini adalah cuplikan-cuplikan yang diambil secara acak. Sebagai model limbah zat warna Metil Oranye dibuat larutan zat warna Metil Oranye dalam larutan air.

*Variabel Penelitian*

Sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai maka variabel yang akan dipelajari dalam penelitian ini adalah komposisi kitosan sebagai variabel bebas dan kapasitas serta energi adsorpsi kitosan sebagai variabel terikat. Adapun kapasitas dan energi adsorpsi ditunjukkan dengan mempelajari pengaruh konsentrasi awal larutan zat warna Metil Oranye pada pH 4,8 terhadap penyerapan Metil Oranye oleh kitosan.

*Alat Penelitian*

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas (gelas ukur, labu takar, labu Erlenmeyer, pipet tetes, pengaduk, corong), kertas saring, neraca analitik kapasitas 100 gram dengan ketelitian 0,0001 gram, pengaduk magnetic, penggojok merk Resch 100 rpm, botol polietilen, Spektroskopi Infra

Merah FTIR 8201 PC dengan  $\lambda = 400\text{--}800$  nm, Spektroskopi UV-Vis dengan  $\lambda = 460$  nm.

#### Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan SIGMA dengan derajat deasetilasi 85%, buffer fosfat (pH=4,8), Larutan zat warna Metil Oranye dengan berbagai konsentrasi.

#### Cara Kerja

Penetapan kapasitas penyerapan Metil Oranye oleh kitosan: Sebanyak 250 mg adsorben diinteraksikan dengan 25 mL larutan Metil Oranye yang dibuat bervariasi  $1 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-4}$  M dalam beker glass yang sudah ditambah dengan larutan buffer fosfat sehingga pH=4,8. Interaksi dilakukan dengan cara digojok dengan waktu interaksi 4 hari. Setelah selesai interaksi, filtrat dan endapan dipisahkan dengan cara disentrifuge. Filtrat yang diperoleh diukur dengan menggunakan spektroskop UV-Vis pada  $\lambda = 460$  nm.

Adapun parameter yang akan dipelajari adalah sebagai berikut :

- Sebanyak 250 mg kitosan ditambah 25 mL larutan Metil Oranye dengan konsentrasi  $1 \cdot 10^{-6}$  mg/L dalam beker glass kemudian ditambah larutan buffer fosfat sehingga pH=4,8 dengan waktu interaksi 4 hari.
- Sebanyak 250 mg kitosan ditambah 25 mL larutan Metil Oranye dengan konsentrasi  $5 \cdot 10^{-6}$  mg/L dalam beker glass kemudian ditambah larutan buffer fosfat sehingga pH=4,8 dengan waktu interaksi 4 hari.
- Sebanyak 250 mg kitosan ditambah 25 mL larutan Metil Oranye dengan konsentrasi  $1 \cdot 10^{-5}$  mg/L dalam beker glass kemudian ditambah larutan buffer fosfat sehingga pH=4,8 dengan waktu interaksi 4 hari.
- Sebanyak 250 mg kitosan ditambah 25 mL larutan Metil Oranye dengan konsentrasi  $5 \cdot 10^{-5}$  mg/L dalam beker glass kemudian ditambah larutan buffer fosfat sehingga pH=4,8 dengan waktu interaksi 4 hari.
- Sebanyak 250 mg kitosan ditambah 25 mL larutan Metil Oranye dengan konsentrasi  $1 \cdot 10^{-4}$  mg/L dalam beker glass kemudian ditambah larutan buffer fosfat sehingga pH=4,8 dengan waktu interaksi 4 hari.
- Sebanyak 250 mg kitosan ditambah 25 mL larutan Metil Oranye dengan konsentrasi  $5 \cdot 10^{-4}$  mg/L dalam beker glass kemudian ditambah larutan buffer

fosfat sehingga pH=4,8 dengan waktu interaksi 4 hari.

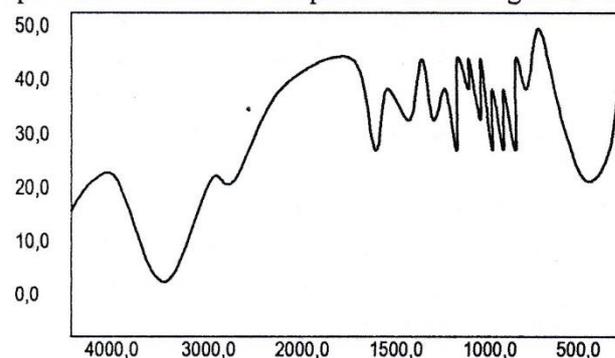
#### Metode Analisis Data

Data hasil penelitian selanjutnya dianalisis secara deskriptif. Data kapasitas adsorpsi diolah dengan menggunakan model Adsorpsi Isoterm Langmuir  $\frac{c}{m} = \frac{1}{Kb} + \frac{1}{b}c$  (persamaan 4). Dari kurva linieritas persamaan 4 diperoleh harga b (kapasitas adsorpsi) yang selanjutnya digunakan untuk menghitung energi adsorpsi (E). Berdasarkan kedua kurva tersebut dapat disimpulkan harga kapasitas dan energi adsorpsi Metil Oranye yang merupakan tujuan penelitian.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Karakteristik kitosan SIGMA 85% deasetilasi

Pada penelitian ini, sample kitosan yang digunakan adalah kitosan SIGMA dengan derajat deasetilasi 85%. Karakterisasinya menggunakan Spektroskopi Infra Merah FTIR8201 PC dengan  $\lambda=400\text{--}800$  nm yang ada di labotaorium Kimia organik UGM, Yogyakarta. Spektra kitosan SIGMA dapat dilihat dalam gambar 4.

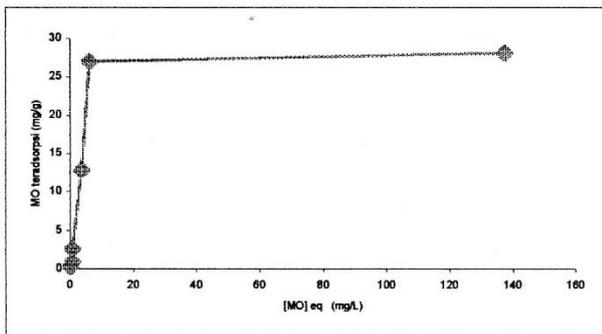


Gambar 4. Spektra kitosan SIGMA

Spektra IR kitosan sebagaimana terlihat dalam gambar 4 menginformasikan adanya pita serapan pada bilangan gelombang  $3448,5 \text{ cm}^{-1}$  sebagai hasil dari vibrasi rentangan gugus  $\text{-OH}$ . Adanya pita serapan pada bilangan gelombang  $2891,1 \text{ cm}^{-1}$  akibat adanya vibrasi rentangan C-H dari alkana, sedangkan pita serapan pada bilangan gelombang  $1624,0 \text{ cm}^{-1}$  sebagai hasil vibrasi rentangan C-O pada gugus  $\text{-C=O}$  (karbonil) dan  $1580,3 \text{ cm}^{-1}$  sebagai akibat vibrasi tekuk N-H pada gugus amida ( $\text{-NHCOCH}_3$ ). Adanya pita serapan pada  $3116,8 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi rentangan gugus N-H primer (Sastrohamidjojo, 1992). Spektra juga menginformasikan bahwa pada kitosan

terdapat gugus aktif amina (-NH<sub>2</sub>) yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan gugus aktif amida (NHCOCH<sub>3</sub>).

Penetapan kapasitas penyerapan Metil Oranye oleh kitosan: Kurva isoterm adsorpsi diperoleh dengan membuat plot konsentrasi kesetimbangan dengan jumlah zat yang teradsorpsi. Adsorpsi MO pada adsorben kitosan dari larutan yang mengandung konsentrasi awal  $1 \times 10^{-6}$ ,  $5 \times 10^{-6}$ ,  $1 \times 10^{-5}$ ,  $5 \times 10^{-5}$ ,  $1 \times 10^{-4}$ ,  $5 \times 10^{-4}$  M disajikan dalam gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi MO pada waktu interaksi 4 hari.

Pada gambar 5 tampak bahwa secara umum adsorpsi MO makin tinggi dengan meningkatnya konsentrasi awal larutan, kemudian adsorpsi berkurang secara perlahan-lahan. Kenaikan konsentrasi awal larutan berikutnya praktis tidak menaikkan adsorpsi MO. Adsorpsi MO pada adsorben kitosan tampak terjadi peningkatan adsorpsi relatif tajam sampai horizontal terjadi pada konsentrasi  $1 \times 10^{-6}$  M hingga  $1 \times 10^{-4}$  M dengan adsorpsi sebesar 0,2873 mg/g, 0,9421 mg/g, 2,634 mg/g, 12,8607 mg/g, 27,0593 mg/g kitosan. Pada penambahan konsentrasi awal sampai sebesar  $5 \times 10^{-4}$  M relatif tidak menaikkan adsorpsi MO secara berarti yaitu sebesar 28,135 mg/g kitosan.

Data adsorpsi MO pada asorben kitosan menunjukkan pola kurva adsorpsi yang hampir sama dengan bentuk isoterm Langmuir. Kenaikan konsentrasi diikuti dengan meningkatnya jumlah zat yang teradsorpsi hingga tercapai keadaan kesetimbangan.

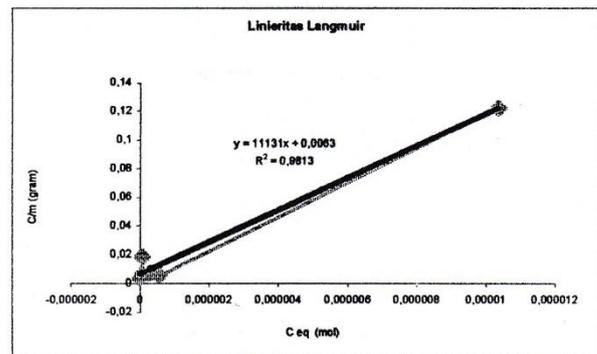
Pengolahan data dengan menggunakan persamaan Langmuir, diperoleh kurva linier C/m terhadap C eq (persamaan 4). Dengan menggunakan persamaan regresi linier diperoleh harga afinitas adsorpsi (K), kapasitas adsorpsi (b) dan energi adsorpsi (E) (persamaan 6). Data selengkapnya hasil penelitian pengaruh

konsentrasi terhadap adsorpsi MO dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Variasi konsentrasi adsorpsi Metil Oranye (MO) dengan jumlah adsorben 0,25 gram; pH =4,8

No	Konsentri awal MO (mol/L)	Konsentrasi Sisa[MO] <sub>eq</sub>		MO teradsorpsi (n)		[MO] <sub>eq/n</sub> (gram)
		mg/L	mol (10 <sup>4</sup> )	mg/g	mol/g(10 <sup>4</sup> )	
1.	$1 \times 10^{-6}$ M	0,0437	0,0033	0,2873	0,8679	0,003802
2.	$5 \times 10^{-6}$ M	0,71284	0,0539	0,9421	2,8464	0,0189
3.	$1 \times 10^{-5}$ M	0,6761	0,0511	2,6340	7,9577	0,006417
4.	$5 \times 10^{-5}$ M	3,6893	0,2786	12,8607	38,8540	0,007171
5.	$1 \times 10^{-4}$ M	6,0408	0,4562	27,0593	81,7500	0,005581
6.	$5 \times 10^{-4}$ M	134,365	10,3750	28,1350	85,0000	0,1222

Dengan menggunakan persamaan 4 maka dapat diperoleh kurva linieritas Langmuir seperti pada gambar 6.



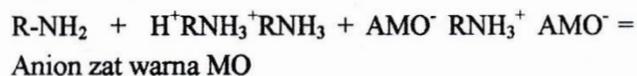
Gambar 6. Kurva Linieritas Langmuir

Dari gambar 6 diperoleh persamaan garis  $Y = 11131x + 0,0063$ . Perhitungan kapasitas adsorpsi, konstanta kesetimbangan adsorpsi dan energi adsorpsi MO adalah sebagai berikut :

Slope=1/b=11131 maka  $b=8,9839 \times 10^{-5}$  mol/gram. Jadi kapasitas adsorpsi MO pada adsorben kitosan =  $8,9839 \times 10^{-5}$  mol/gram kitosan. Intersep = 0,0063 = 1/b.K maka  $K = 1766825,397$ . Jadi harga Konstanta Kesetimbangan adsorpsinya = 1766825,397. Untuk menghitung energi adsorpsi digunakan persamaan 6 yaitu  $E = R T \ln K$ . Sehingga bisa dihitung harga  $E = 8,314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K} \times \ln 1766825,397 = 35878,3061 \text{ J/mol} = 35,8783 \text{ KJ/mol}$ .

Menurut Adamson (1990) batas minimal adsorpsi kimia adalah 20,92 KJ/mol. Berdasarkan liteatur tersebut maka energi adsorpsi MO pada adsorben kitosan dapat dikategorikan sebagai energi adsorpsi kimia. Menurut Stum dan Morgan (1981), dalam proses adsorpsi terdapat berbagai macam gaya intermolekuler yang sangat menentukan jenis adsorpsi yang berlangsung yang diantaranya adalah gaya elektrostatik. Gaya elektrostatik merupakan gaya yang timbul akibat terjadinya tarik menarik antara ion-ion yang bermuatan berlawanan, dan merupakan gaya yang berperan

terhadap kecenderungan ion-ion terikat pada permukaan adsorben yang bermuatan berlawanan, gaya elektrostatis akan menghasilkan ikatan ion. Gugus  $-NH_2$  pada kitosan akan berinteraksi dengan anion zat warna Metil Oranye secara elektrolitik dengan reaksi sebagai berikut:



Menurut Oscik (1982), jika interaksinya melibatkan gaya elektrostatis seperti pada adsorpsi MO oleh adsorben kitosan dikenal sebagai adsorpsi kimiawi, oleh karena itu mempunyai sifat lebih spesifik. Adsorpsi berlangsung hanya dalam satu lapisan monomolekuler dan mempunyai ikatan sedemikian kuat sehingga spesies aslinya tidak diketemukan lagi.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian dapat disimpulkan:

Kapasitas adsorpsi MO pada adsorben kitosan adalah sebesar  $8,9839 \times 10^{-5}$  mol/gram kitosan, dan energi adsorpsi adalah 35,8783 KJ/mol.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Adamson, A.W; 1990, *Physical Chemistry of Surface*, 4nd ed. John Wiley and Sons, New York.
2. Brine,C.J; 1984, *Chitin : Accomplishment and Perspectives in Chitin, Chitosan and Related Enzymes*, Academic Press Inc, Orlando, Florida.
3. Gupta, G.S; Prasad, G; Panday, K.K and Singh, V.N; 1988, Removal of Chrome Dyes from Aqueous Solution by fly Ash, *J. Water, Air and Soil Pollution*, 32, 384-395.
4. Kawamura, Y; Mitshuhashi, M and Tanibe, H, 1993, Adsorption of Metal Ions on Polyaminated Highly Porous Chitosan Chelating Resin, *Ind. Eng. Chem. Res.* 32, 386-391.
5. Lynam, M.M; Kliduff J.E, and Weber, Jr.W.J; 1996, Adsorption of p-nitrophenol from Dilute Aqueous Solution, *J. Chem Educ.* 72, 80-84.
6. McKay, G; El Geundi, M.S; and Abdul Wahab, M.Z; 1988, Two Resistance Mass Transfer Model for the Adsorption of Dyes onto Baggase Pith, *J. Water, Air and Soil Pollution*, 42, 33-46.
7. Muzzarelli, R.A.A, 1977, *Chitin*, Pergamon Press.
8. Oscik, J, 1982, *Adsorption*, Ellis Horwood Limited, England.
9. Probondari, 1999, Studi Pengambilan Zat Warna Asam "Solophenyl Turquoise Blue" Secara Koagulasi dan Flokulasi, *Skripsi*, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
10. Sastrohamidjojo,H, 1992, *Spektroskopi Inframerah*, Liberty, Yogyakarta.
11. Seo, T, Takaki Kanbara; and Toshiro Iijima, 1988, Sorption of Methyl Orange by Chitosan Gels Having Hydrophobic Groups, *J. of Applied Polymer Science*, 36, 1443-1451.
12. Suhardi, 1993, *Khitin dan Khitosan*, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
13. Sumarni, W, 2001, Penyerapan Zat Warna Tekstil Procion oleh Adsorben Selulosa Menggunakan Sistem Kolom, *Jurnal MIPA*, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
14. Stum, W, and Morgan, J.J; 1981, *Aquatic Chemistry*, John Wiley and Sons, New York.