



# Prosiding

**SEMINAR NASIONAL *BASIC SCIENCE VI***

*Sains Membangun Karakter dan Berpikir Kritis  
Untuk Kesejahteraan Masyarakat*

*Ambon, 07 Mei 2014*

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PATTIMURA  
AMBON**

Hak cipta dilindungi Undang-Undang

Cetakan I, Agustus 2014

Diterbitkan oleh: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura

ISBN: 978-602-97552-1-2

Deskripsi halaman sampul : Gambar yang ada pada cover adalah kumpulan benda-benda langit dengan berbagai fenomena

## **APLIKASI KITOSAN BERDERAJAT DEASETILASI TINGGI SEBAGAI ADSORBENT ZAT WARNA TARTRAZINA**

**Matheis F.J.D.P. Tanasale\*, H. Tehubijuluw, Serly J. Sekewael**

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura

Jl. Ir. M. Putuhena, Poka, Ambon

\**e-mail*: [mtanasale@lycos.com](mailto:mtanasale@lycos.com)

### **ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian untuk mengaplikasikan kitosan berderajat deasetilasi tinggi sebagai adsorbent zat warna tartrazina. Kitosan yang digunakan merupakan hasil deasetilasi kitin komersil dengan menggunakan  $\text{NaBH}_4$  yang memiliki derajat deasetilasi 97,03% dan bobot molekul  $4,92 \times 10^6 \text{ g mol}^{-1}$ . Isoterm adsorpsi yang diikuti oleh sistem adsorpsi zat warna tartrazina dengan kitosan adalah isoterm Freundlich dengan nilai  $K_F$  sebesar 2,64 dan  $n$  sebesar 0,84. Model kinetika yang diikuti oleh sistem adsorpsi zat warna tartrazina dengan kitosan adalah model kinetika orde dua semu dengan tetapan laju adsorpsi ( $k_{2,ads}$ ) sebesar  $0,052 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$  dan kapasitas adsorpsi maksimum adsorbent ( $X_e$ ) sebesar  $4,22 \text{ mg g}^{-1}$ .

**Kata kunci** : Kitosan, Deasetilasi, Adsorbent, Tartrazina

### **PENDAHULUAN**

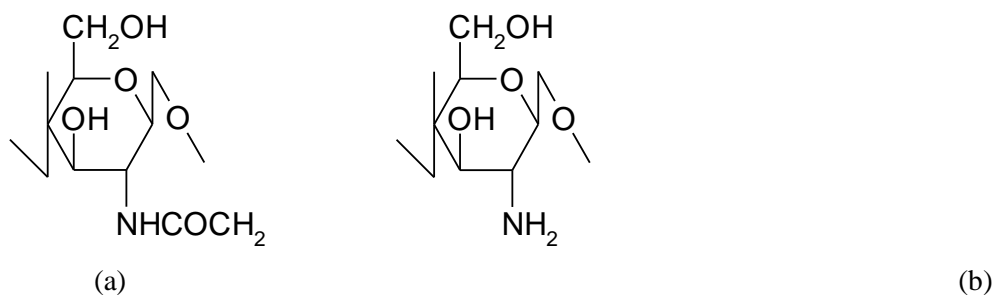
Makin meningkatnya penggunaan zat warna pada berbagai industri seperti pangan dan tekstil, meninggalkan masalah lingkungan yang harus ditanggulangi. Limbah zat warna yang dibuang cukup mengganggu karena menimbulkan masalah estetika lingkungan perairan yang pada beberapa kasus dengan konsentrasi zat warna kurang dari 1 ppm sudah dapat memberi cukup warna (Setiawan *et al.*, 2004). Selain itu, adanya zat warna dapat menghambat transmisi cahaya matahari sehingga mengurangi aktivitas fotosintesis, khususnya makhluk hidup yang ada di dasar perairan (Longhinotti *et al.*, 1998) dan berubah menjadi racun jika pada perairan tersebut terdapat logam dan klorin (Figueiredo *et al.*, 2000). Kesemuanya akan mengganggu bahkan mengurangi kualitas lingkungan sehingga pelestarian lingkungan khususnya biota yang hidup di lingkungan perairan tersebut akan ikut terancam. Masalah ini semakin diperparah karena kebanyakan zat warna secara biologis sulit untuk diuraikan sehingga zat warna harus disingkirkan atau dikurangi dari lingkungan perairan.

Berbagai metode dapat digunakan untuk mengurangi atau mengambil zat warna sebagai bahan pencemar lingkungan perairan seperti filtrasi membran, adsorpsi, koagulasi/flokulasi kimiawi, elektrolisis, oksidasi kimiawi dan beberapa teknik biologis lainnya. Adsorpsi merupakan alternatif terbaik untuk mengatasi pencemaran zat warna (Longhinotti *et al.*, 1998; Figueirido *et al.*, 2000). Arang aktif telah lama digunakan untuk menyerap zat warna tetapi karena harganya yang cukup tinggi maka penelitian beralih ke adsorben yang lebih murah dan

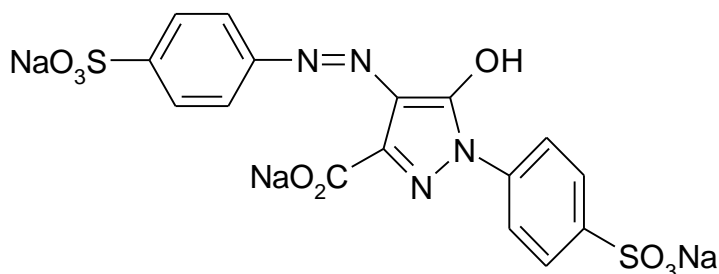
dapat dihasilkan dari bahan hasil buangan. Salah satu hasil buangan yang berpotensi digunakan sebagai adsorben adalah kitin dan kitosan.

Kitin merupakan polimer alami (biopolimer) yang terbesar setelah selulosa, banyak terkandung pada limbah hasil laut, khususnya golongan udang, kepiting, ketam, dan kerang. Selain itu, kitin juga ada di dalam dinding sel cendawan dan kutikula golongan serangga (Austin *et al.*, 1981). Kitosan merupakan produk deasetilasi kitin melalui reaksi kimia ataupun biokimia dengan menggunakan enzim kitin deasetilase yang telah berhasil dimurnikan dan dikarakterisasi dari beberapa cendawan (Rukayadi, 2002). Struktur unit ulang kitin dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 1. Kitosan berderajat deasetilasi tinggi dan bobot molekul yang besar telah dihasilkan dari proses deasetilasi kitin dengan menambahkan  $\text{NaBH}_4$  (Gyliene *et al.*, 2003; Paulino *et al.*, 2006; Tanasale, 2010).

Beberapa penelitian terdahulu yang telah menggunakan kitin atau kitosan sebagai adsorben zat warna dapat dilihat pada Tabel 1. Menurut Crini dan Badot (2008), penggunaan kitosan untuk menghilangkan zat warna dari air buangan didasarkan atas tiga faktor, yaitu (1) kitosan termasuk bahan yang cukup murah dan cukup efektif sebagai biosorbent, (2) kitosan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi (aspek termodinamika) dan laju adsorpsi yang tinggi (aspek kinetika), dan (3) pengembangan bahan kompleks oleh kitosan karena memiliki beberapa gugus aktif. Tartrazina (Gambar 2) merupakan zat warna asam yang telah digunakan sebagai model untuk mempelajari proses adsorpsi zat organik pada umumnya (Rahman & Saad, 2003).



Gambar 1. Struktur unit ulang (a) kitin dan (b) kitosan



Gambar 2. Struktur molekul tartrazina

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik kimia yang meliputi interaksi warna, luas permukaan sorben, ukuran partikel, temperatur, pH, dan waktu kontak (Kumar, 2000). Umumnya interaksi sorben bersifat ion, seperti pada karbon aktif, dengan luas

permukaan yang spesifikasinya tinggi dan sangat ideal untuk penjerapan. Dalam kaitan dengan struktur molekulnya yang unik, kitosan memiliki afinitas yang tinggi.

Tabel 1. Studi adsorpsi zat warna pada kitin dan kitosan

Zat Warna	Adsorben	Sumber Pustaka
Orange G	Kitin dan kitosan	Longhinotti <i>et al.</i> (1998), Wong <i>et al.</i> (2003)
Orange IV	Kitin	Longhinotti <i>et al.</i> (1998)
Xilenol orange	Kitin	Longhinotti <i>et al.</i> (1998)
Biru metilena	Kitin dan kitosan	Annadurai <i>et al.</i> (1999); Fransina dan Tanasale (2007); Tanasale <i>et al.</i> (2007), Narwadan (2009)
Direct green 26	Kitin	Figueiredo <i>et al.</i> (2000)
Reactive green 12	Kitin	Figueiredo <i>et al.</i> (2000)
Acid blue 25	Kitin dan kitosan	Kim dan Lee (2002)
Direct red 81	Kitin dan kitosan	Kim dan Lee (2002)
Mordant yellow 10	Kitin dan kitosan	Kim dan Lee (2002)
Tartrazina	Kitosan	No <i>et al.</i> (1996); Handayani (2003); Tanasale (2008), Somnaikubun (2009)
Eritrosin	Kitosan	No <i>et al.</i> (1996)

Aspek termodinamika adsorpsi membicarakan tentang kesetimbangan yang meliputi isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi merupakan suatu gambaran tentang keadaan kesetimbangan yang telah terjadi sehingga tidak ada perubahan dalam konsentrasi adsorbat pada permukaan adsorben dan yang ada pada larutan ruah. Isoterm adsorpsi diperoleh dengan memetakan distribusi kesetimbangan adsorbat dalam fase padat dan cair pada temperatur tetap. Ada dua persamaan isoterm adsorpsi yang dapat digunakan untuk adsorpsi larutan pada permukaan padat yaitu isoterm adsorpsi Langmuir (Persamaan 1) dan isoterm adsorpsi Freundlich (Persamaan 2).

$$\frac{C_e}{(x/m)} = \frac{1}{K_L(x/m)_{\max}} + \frac{C_e}{(x/m)_{\max}} \quad \dots (1)$$

$$x/m = K_F C_e^{1/n} \text{ atau } \ln(x/m) = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad \dots (2)$$

dengan  $C_e$  adalah konsentrasi zat warna yang bebas (yang terdapat dalam larutan),  $x$  adalah jumlah zat warna yang teradsorpsi oleh  $m$  gram kitosan,  $(x/m)_{\max}$  adalah kapasitas adsorben maksimum,  $K_L$  dan  $K_F$  adalah konstanta, sedangkan  $1/n$  adalah suatu parameter. Sifat ataupun ciri yang terjadi pada sistem adsorpsi dapat dinyatakan dalam  $(x/m)_{\max}$  dan  $K_L$  untuk isoterm adsorpsi Langmuir serta  $1/n$  dan  $K_F$  untuk isoterm adsorpsi Freundlich.

Untuk mencapai suatu keadaan kesetimbangan yang disyaratkan dalam termodinamika membutuhkan waktu yang sangat lama dan kadang-kadang dalam satuan hari. Padahal dengan mempelajari aspek kinetika, kita dapat menentukan parameter kecepatan reaksi dan menduga kapan keadaan kesetimbangan tercapai sehingga proses adsorpsi dapat dilakukan secara efektif dan efisiensi.

Ada dua model untuk mempelajari kinetika adsorpsi yaitu model Lagergren orde satu-semu dan model orde dua-semu (Ho & McKay, 1998; Antunes *et al.*, 2003; Piergiovanni, 2014). Secara umum model Lagergren orde satu-semu (atau model reaksi adsorpsi) dinyatakan sebagai:

$$\frac{dX}{dt} = k_{1,ads}(X_e - X) \quad \dots (3)$$

dengan  $X$  (mg/g) adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi oleh  $m$  gram adsorben pada waktu  $t$  dan  $k_{1,ads}$  adalah tetapan laju reaksi orde satu Lagergren. Persamaan (3) yang jika diintegral antara  $t = 0$  sampai  $t = t$  dan  $X = 0$  sampai  $X = X_e$  akan menjadi:

$$\ln(X_e - X) = \ln X_e - k_{1,ads}t \quad \dots (4)$$

Kelinieran grafik  $t$  vs  $\ln(X_e - X)$  menandakan bahwa suatu proses mengikuti model ini. Akan tetapi, untuk menyusun Persamaan (4) dibutuhkan nilai  $X_e$  yang harus diperoleh pada saat  $t$  mendekati tak hingga atau pada saat kesetimbangan tercapai. Hal ini membutuhkan waktu yang lebih lama.

Model orde dua-semu (atau model difusi adsorpsi) didasarkan pada asumsi bahwa adsorpsi mengikuti mekanisme orde dua yang dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{dX}{dt} = k_{2,ads}(X_e - X)^2 \quad \dots (5)$$

dengan  $k_{2,ads}$  adalah tetapan laju reaksi adsorpsi orde dua. Persamaan (5) yang jika diintegral antara  $t = 0$  sampai  $t = t$  dan  $X = 0$  sampai  $X = X_e$  akan menjadi:

$$\frac{1}{X_e - X} = \frac{1}{X_e} + k_{2,ads}t \quad \dots (6)$$

yang jika disusun ulang akan menjadi:

$$X = \frac{t}{\frac{1}{k_{2,ads}X_e^2} + \frac{t}{X_e}} \quad \dots (7)$$

atau dalam bentuk liniernya adalah:

$$\frac{t}{X} = \frac{1}{k_{2,ads}X_e^2} + \frac{1}{X_e}t \quad \dots (8)$$

Nilai  $X_e$  dan  $k_{2,ads}$  dapat dihitung dari kemiringan dan intersep suatu grafik  $t$  vs  $t/X$ . Jadi nilai  $X_e$  dapat diperkirakan tanpa menunggu kesetimbangan tercapai terlebih dulu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji aspek termodinamika dan kinetika proses adsorpsi zat warna tartrazina oleh kitosan yang berderajat deasetilasi tinggi.

## METODE PENELITIAN

### Termodinamika Adsorpsi Zat Warna pada Kitosan

Ke dalam 5 buah erlenmeyer ditambahkan masing-masing 0,5 g kitosan dan 50 mL zat warna tartrazina (Aldrich-Sigma) dengan konsentrasi berturut-turut 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Kemudian sistem adsorpsi dikocok selama 6 jam di atas *shaker*, selanjutnya campuran disaring dan filtrat ditentukan absorbans dengan spektrofotometer UV-Vis *Genesys UV10* pada panjang gelombang 425 nm.

### Kinetika Adsorpsi Zat Warna pada Kitosan

Ke dalam 7 buah erlenmeyer ditambahkan masing-masing 0,5 g kitosan dan 50 mL zat warna tartrazina (Aldrich-Sigma) dengan konsentrasi 50 ppm. Kemudian dikocok di atas *shaker* dan pada waktu 30 menit erlenmeyer pertama diangkat, disaring, dan ditentukan konsentrasi zat warna sisa sebagaimana telah disebutkan pada bagian sebelumnya. Hal yang sama berlangsung untuk waktu 60, 90, 120, 150, 180, 240 dan 360 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

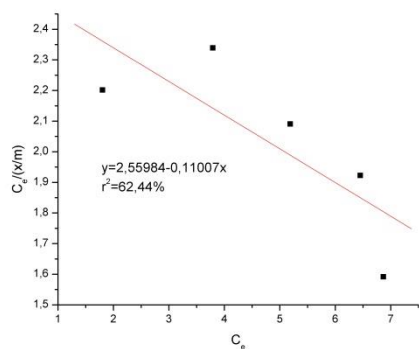
### Termodinamika Adsorpsi Tartrazina pada Kitosan

Untuk mempelajari segi termodinamika dalam proses adsorpsi tartrazina pada kitosan (Kitosan K2) yang dihasilkan dari proses deasetilasi kitin komersil dengan penambahan  $\text{NaBH}_4$  (Tanasale, 2010) dilakukan adsorpsi pada berbagai konsentrasi tartrazina dari 10 – 50 ppm dengan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 berupa parameter untuk membuat isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich sebagaimana dilihat pada Gambar 3.

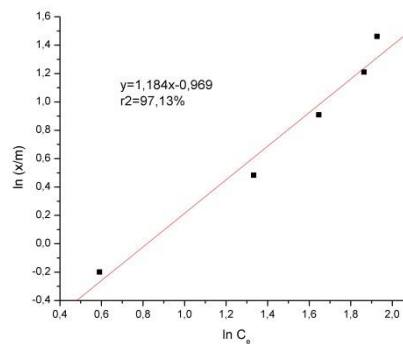
Berdasarkan Gambar 3 maka proses adsorpsi tartrazina pada Kitosan K2 cenderung mengikuti isoterm Freundlich karena memiliki harga koefisien korelasi ( $r^2$ ) sebesar 97,13% sedangkan isoterm Langmuir hanya 62,44%. Dengan demikian berdasarkan Persamaan (2) maka pada isoterm Freundlich untuk sistem adsorpsi tartrazina oleh Kitosan K2 memiliki nilai  $K_F$  sebesar 2,64 dan  $n$  sebesar 0,84. Lynam *et al.* (1995) menyatakan bahwa isoterm Freundlich dikembangkan untuk permukaan adsorbent yang heterogen sedangkan isoterm Langmuir berlaku untuk adsorpsi lapisan tunggal (*monolayer*) pada permukaan adsorbent yang homogen. Dengan demikian, dapat diperkirakan bahwa permukaan kitosan K2 adalah heterogen. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian lainnya yang menyatakan bahwa isoterm yang berlaku untuk sistem adsorpsi tartrazina dengan kitosan adalah isoterm Langmuir (Handayani, 2003; Somnaikubun, 2009). Diperkirakan bahwa adanya penambahan  $\text{NaBH}_4$  telah merubah permukaan kitosan dan perbedaan kemurnian kitosan juga mempengaruhi permukaan kitosan. Kedua peneliti ini menggunakan kitosan dari kitin hasil isolasi, bukan dari kitin komersial.

Tabel 2. Parameter-Parameter dari Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich

$C_0$	$C_e$	$C_0-C_e$	Q (%)	x/m	$C_e/(x/m)$	$\ln C_e$	$\ln (x/m)$
10	1,805	8,195	81,955	0,820	2,202	0,590	-0,199
20	3,792	16,208	81,042	1,621	2,339	1,333	0,483
30	5,188	24,812	82,707	2,481	2,091	1,646	0,909
40	6,450	33,550	83,875	3,355	1,923	1,864	1,210
50	6,866	43,134	86,267	4,313	1,592	1,927	1,462



(a)



(b)

Gambar 3. Isoterm adsorpsi pada sistem Kitosan K2 dengan zat warna tartrazina. (a). Isoterm adsorpsi Langmuir dan (b). Isoterm adsorpsi Freundlich

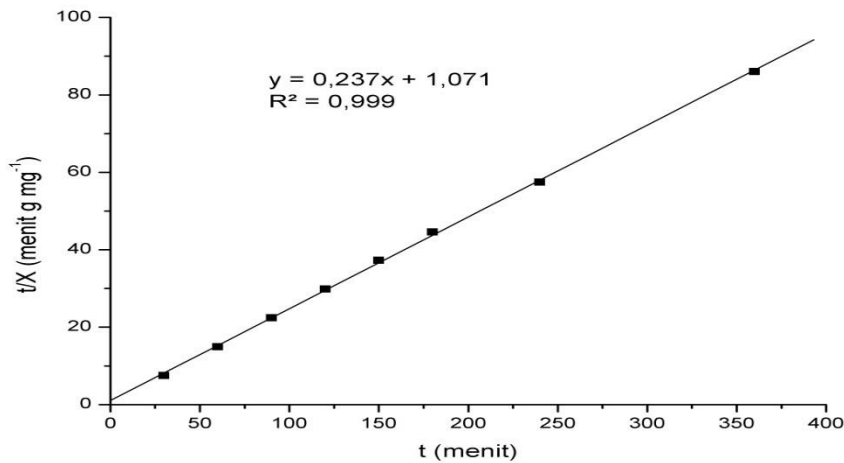
Ozcan *et al.* (2005) menyatakan bahwa pada tetapan-tetapan pada isoterm Freundlich dapat dipakai untuk mengetahui proses adsorpsi yang terjadi. Nilai  $K_F$  menyatakan hal tentang perluasan adsorpsi (*the extent of adsorption*) dan nilai  $n$  menyatakan derajat ketidaklinieran antara konsentrasi larutan dengan adsorpsi yaitu pengukuran deviasi dari linieritas adsorpsi yang digunakan untuk verifikasi tipe adsorpsi yang terjadi. Jika  $n = 1$  maka proses adsorpsi yang terjadi adalah linier, jika  $n < 1$  maka proses adsorpsi yang terjadi merupakan proses kimiawi, dan jika  $n > 1$  maka proses adsorpsi bekerja sama dengan adsorpsi yang umumnya terjadi dan merupakan suatu proses fisika. Ini berarti bahwa dengan nilai  $n = 0,84$  maka pada proses adsorpsi tartrazina pada Kitosan K2 yang mengikuti isoterm Freundlich merupakan suatu proses kimiawi yang melibatkan elektron untuk membentuk ikatan kimia. Berdasarkan struktur kimia pada Gambar 1 dan Gambar 2 maka kemungkinan terjadi ikatan ionik antara kitosan yang dapat terprotonasi dengan tartrazina yang bermuatan negatif.

### Kinetika Adsorpsi Zat Warna pada Kitosan

Pada aspek kinetika akan diketahui seberapa cepat proses adsorpsi zat warna tersebut berlangsung dan bagaimana mekanisme proses itu berlangsung. Ini semua berhubungan dengan efektivitas dan efisiensi adsorpsi. Hasil penelitian studi kinetika adsorpsi tartrazina oleh Kitosan K2 pada Gambar 4 menunjukkan bahwa model adsorpsi yang diikuti adalah model adsorpsi orde dua-semu yaitu dengan persamaan  $y = 0,237x + 1,071$  dan kelinieran grafiknya mendekati 99,9%. Hasil penelitian mendukung apa yang telah dilakukan oleh Kim *et al.* (1997)



bahwa model kinetika adsorpsi zat warna oleh kitin yang terdeasetilasi adalah model kinetika adsorpsi orde dua.



Gambar 4. Kinetika adsorpsi orde dua semu tartrazina oleh Kitosan K2

Nilai  $k_{2,ads}$  merupakan parameter kinetika adsorpsi yang memaknai tentang cepat atau lambat suatu proses adsorpsi itu berlangsung. Makin tinggi nilai  $k_{2,ads}$ , makin cepat proses adsorpsi berlangsung. Nilai  $X_e$  merupakan parameter kinetika adsorpsi yang memaknai tentang kapasitas adsorpsi maksimum adsorbent. Semakin tinggi nilai  $X_e$ , semakin tinggi kapasitas adsorpsi maksimumnya. Berdasarkan Persamaan (8) maka  $k_{2,ads}$  pada sistem adsorpsi tartrazina pada Kitosan K2 adalah  $0,052 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$  dan  $X_e$  sebesar  $4,22 \text{ mg g}^{-1}$ . Kedua nilai ini berbeda dengan apa yang telah diperoleh pada penelitian sebelumnya yaitu  $k_{2,ads}$  sebesar  $0,676 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$  dan  $X_e$  sebesar  $3,125 \text{ mg g}^{-1}$  (Tanasale, 2008). Ternyata proses deasetilasi kitin dengan menggunakan  $\text{NaBH}_4$  juga berpengaruh terhadap besaran kinetika yang diperoleh.

Proses adsorpsi zat warna oleh kitin dan kitosan tidak mengikuti model Lagergren orde satu-semu karena persamaan garis lurus berdasarkan Persamaan (4) memiliki koefisien korelasi ( $r^2$ ) yang rendah seperti pada Tabel 3. Selain itu, untuk menentukan persamaan garis lurus yang sesuai dilakukan dengan cara mencoba-coba nilai  $X_e$  karena pada Persamaan (4) terdapat 3 variabel yang tidak diketahui dengan nilai  $X_e$  tergantung pada nilai  $t$  dan  $\ln(X_e - X)$ . Persamaan garis lurus yang dipilih adalah persamaan yang memberikan nilai  $r^2$  terbesar dan perbedaan antara  $X_e$  yang dicoba dengan  $X_e$  hasil perhitungan kecil.

Tabel 3. Persamaan Kinetika Orde Satu-Semu dengan Koefisien Kelinearan ( $r^2$ ), Tetapan Laju Proses Adsorpsi Orde Satu-Semu ( $k_{1,ads}$ ), dan Konsentrasi Tartrazina pada Keadaan Kesetimbangan ( $X_e$ )

Persamaan Kinetika; [ $r^2$ (%)]	$X_e$ ( $\text{mg g}^{-1}$ )		$k_{1,ads}$ ( $\text{menit}^{-1}$ )
	Dicoba	Hitung	
$\ln(X_e - X) = -0,008t - 0,898$ ; [81,2]	4,20	0,41	$8,0 \times 10^{-3}$
$\ln(X_e - X) = -0,006t - 1,011$ ; [80,90]	4,22	0,36	$6,0 \times 10^{-3}$

## KESIMPULAN

1. Isoterm adsorpsi yang diikuti oleh sistem adsorpsi zat warna tartrazina dengan kitosan adalah isoterm Freundlich dengan nilai  $K_F$  sebesar 2,64 dan  $n$  sebesar 0,84.
2. Model kinetika yang diikuti oleh sistem adsorpsi zat warna tartrazina dengan kitosan adalah model kinetika orde dua semu dengan tetapan laju adsorpsi ( $k_{2,ads}$ ) sebesar 0,052  $g\ mg^{-1}\ menit^{-1}$  dan kapasitas adsorpsi maksimum adsorbent ( $X_e$ ) sebesar 4,22  $mg\ g^{-1}$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Universitas Pattimura, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah membiayai penelitian pendahuluan berupa Hibah Penelitian Strategis Nasional sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun Anggaran 2009 Nomor: 02/H13/SPPP-HP/2009 tanggal 18 April 2009

## DAFTAR PUSTAKA

- Annadurai, G., Sheeja, R.Y., Balan, M.S., Murugesan, T., & Srinivasamoorthy, V.R. 1999. Factorial design of experiments in the determination of adsorption equilibrium constants for basic methylene blue using biopolymer. *Bioprocess & Biosystems Eng.*, 20, 37 – 43
- Antunes, W.M., Luna, A.S., Henriques, C.A., & da Costa, A.C.A. 2003. An evaluation of copper biosorption by a brown seaweed under optimized conditions. *Elec. J. Biotechno.*, 6, 175 – 184
- Austin, P.R., Brine, C.J., Castle, J.E., & Zikakis, J.P. 1981. Chitin: new facets of research. *Science*, 212, 749 – 753
- Crini, G. & Badot, P.M. 2008. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solution by adsorption processes using batch studies: a review of recent literature. *Progress in Polymer Science*, 33, 399 - 447
- Figueiredo, S.A., Boaventure, R.A., & Loureiro, J.M. 2000. Color removal with natural adsorbents: Modeling, simulation and experimental. *Separation & Purification Techno.*, 20, 129 - 141
- Fransina, E.G. & Tanasale, M.F.J.D.P. 2007. Studi kinetika adsorpsi biru metilena pada kitin dan kitosan. *Jurnal Sains MIPA*, Vol 13 (3), Hal 171-176
- Gyliene, O., Razmute, I., Tarozaitė, & Nivinskiene, O. 2003. Chemical composition and sorption properties of chitosan produced from fly larva shells. *Chemija (Vilnius)*, T. 14 Nr. 3, 121 - 127
- Handayani, N. 2003. Adsorpsi zat warna tartrazine pada khitosan. *Skripsi Sarjana*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar
- Ho, Y.S. & McKay, G. 1998. A two-stage batch sorption optimized design for dye removal to minimize contact time. *Trans IChemE*, 76B, 313 – 318
- Kim, S.B. & Lee, J.H. 2002. Removal of anionic dyes by acid-treated chitin *Hwahak Konghak*, 40, 635 – 639 (Abstrak)

- Kim, C.Y., Choi, H-M., and Cho, H.T. 1997. Effect of deacetylation on sorption of dyes and chromium on chitin. *J. Appl. Polym. Sci.*, 63, 725 – 736
- Kumar, M.N.V.R. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive & Functional Polymers*, 46, 1 – 27
- Longhinotti, E., Pozza, F. Furlan, L., de Sanchez, M.N.M., Klug, M., Laranjeira, M.C.M., & Favere, V.T. 1998. Adsorption of anionic dyes on the biopolymer chitin. *J. Braz. Chem. Soc.*, 9, 435 – 440
- Lynam, M.M., Kilduff, J.E., & Weber, W.J. Jr. 1995. Adsorption of p-nitrophenol from dilute aqueous solution. *J. Chem. Edu.*, 72, 80 - 84
- Narwadan, T.I. 2009. Adsorpsi zat warna biru metilena oleh kitosan pada beberapa kadar garam. *Skripsi Sarjana*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Pattimura, Ambon
- No, H.K., Cho, Y.I., & Meyers, S.P. 1996. Dye binding capacity of commercial product. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 1939 – 1942
- Ozcan, A.S., Erdem, B., & Ozcan A. 2005. Adsorption of acid blue 193 from aqueous solutions onto BTMA-bentonite. *Colloid Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*, 266, 73 - 81
- Paulino, A.T., Simionato, J.I., Gracia, J.C, & Nozaki, J. 2006. Characterization of chitosan and chitin produced from silkworm chrysalides. *Carbohydrate Polymers*, 64, 198-103
- Piergiorgio, P.R. 2014. Adsorption kinetics and isotherms: a safe, simple, and inexpensive experiment for three levels of student. *J. Chem. Educ.*, 91, 560 - 565
- Rahman, I.A. & Saad, B. 2003. Utilization of guava seeds as a source of activated carbon for removal of methylene blue from aqueous solution. *Malaysian J. Chem.*, 5, 8-14
- Rukayadi, Y. 2002. Kitin deasetilase dan pemanfaatannya. *Hayati*, 9, 130 – 134
- Setiawan, A.H., Wiloso, E.I., Soleha, R., Barliati, V., & Anggraeni, I.F. 2004. Peningkatan kemampuan daya serap sorben serbuk gergaji dengan pengulfonasi dan pengujiannya dengan zat warna tekstil kationik. *Alchemy*, 3, 10 – 15
- Somnaikubun, M.G.T. 2009. Adsorpsi zat warna tartrazina oleh kitosan pada beberapa kadar garam. *Skripsi Sarjana*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Pattimura, Ambon
- Tanasale, M.F.J.D.P. 2008. Kinetika adsorpsi zat warna tartrazina pada kitin dan kitosan. *Prosiding Seminar Nasional Kimia XVII*, Jurusan Kimia FMIPA UGM
- Tanasale, M.F.J.D.P. 2010. Kitosan berderajat deasetilasi tinggi: proses dan karakterisasi. *Prosiding Seminar Nasional Basic Science II*, FMIPA Unpatti
- Tanasale, M.F.J.D.P., Killay, A., & Laratmase, M.S. 2012. Kitosan dari limbah kulit kepiting rajungan (*Portunus sanguinolentus*) sebagai adsorbent zat warna biru metilena. *J. Natur Indo.*, 14, 165 – 171
- Wong, Y.C., Szeto, Y.S., Cheung, W.H., & McKay, G. 2003. Equilibrium studies for acid dye adsorption onto chitosan. *Langmuir*, 19, 7888 – 7894

