

**PENGARUH TAWAS HASIL SINTESIS DARI LIMBAH KALENG MINUMAN  
TERHADAP KINETIKA ADSORPSI METHYL ORANGE  
OLEH KAPAS DAN SERAT KAIN**

***THE EFFECT OF ALUM SYNTHESIZED FROM WASTED BEVERAGE CANS  
TO ADSORPTION KINETICS OF METHYL ORANGE  
BY NATURAL COTTON AND COTTONCLOTH***

**Jaslin Ikhsan\*, Endang Widjajanti LFX, dan Sunarto**

*Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Negeri Yogyakarta, Karangmalang, Yogyakarta, Indonesia 55281*

*\*email: jaslinikhsan@gmail.com*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan order reaksi dan konstanta laju reaksi pada pengikatan zat warna azo methyl orange oleh adsorben kapas dan kain. Selain itu, pengaruh penambahan mordan tawas hasil sintesis dari kaleng bekas terhadap konstanta laju pengikatan juga diteliti. Data dikumpulkan melalui *kinetika adsorpsi*, yaitu pengukuran konsentrasi methyl orange yang terikat oleh adsorben sebagai fungsi waktu dan *adsorpsi tepi*, untuk menentukan pengaruh pH terhadap adsorpsi. Hasil *adsorpsi tepi* dimanfaatkan untuk menentukan pH optimal dan untuk keperluan pengontrolan pH dalam *kinetika adsorpsi*. Semua eksperimen tersebut dilakukan pada suhu 30 °C, dan data yang terkumpul dianalisis dengan menggunakan persamaan laju reaksi Lagergren. Hasil analisis data menunjukkan bahwa pengikatan methyl orange baik oleh kapas maupun kain berlangsung melalui reaksi berorder dua. Konstanta laju reaksi pengikatan methyl orange oleh kapas tanpa dan dengan penambahan tawas sintesis berturut-turut adalah 93,669 dan 476,858 g mmol<sup>-1</sup> menit<sup>-1</sup>. Sedangkan konstanta pada pengikatan zat warna tersebut oleh kain tanpa dan dengan penambahan mordan sintesis berturut-turut adalah -79,436 dan -78,520 g mmol<sup>-1</sup> menit<sup>-1</sup>. Penambahan mordan hasil sintesis kaleng bekas dapat mempercepat terwujudnya kesetimbangan reaksi pengikatan oleh kapas, tetapi tidak berpengaruh pada pengikatan kain.

**Keywords:** adsorpsi; methyl orange; order reaksi; konstanta laju; persamaan Lagergren

**ABSTRACT**

*This study aims to determine the reaction order and reaction rate constants on the binding of methyl orange by natural cotton and cotton cloth adsorbents. The effect of alum mordant synthesized from the waste of cans to the binding rate constants was also studied. Data were collected through adsorption kinetics, from which the decrease of methyl orange concentration as a function of time, and through adsorption edge studying the effect of pH to the adsorption. Adsorption edge results were used to determine chosen pH at which the adsorption kinetics were carried out. All experiments were carried out at temperature of 30 °C, and collected data were analyzed using Lagergren rate equation to calculate the reaction order and the rate constants. Results of data analysis showed that the binding of methyl orange by either cotton or cloth were through second order reactions. The reaction rate constants of methyl orange adsorption by cotton without and with the addition of alum were 93,669 and 476,858 g mmol<sup>-1</sup> min.<sup>-1</sup>, respectively. Those constants by cloth adsorbent were -79,436 and -78,520 g mmol<sup>-1</sup> min.<sup>-1</sup>. The addition of alum from the cans was able to increase reaction rate of binding of methyl orange by cotton, but no change for the reaction rate of MO by cloth.*

**Keywords:** adsorption; methyl orange; reaction order; rate constant; Lagergren equation.

## PENDAHULUAN

Kaleng merupakan salah satu kemasan yang umum beredar di masyarakat dan cukup favorit karena mudah dibawa, tidak mudah pecah, dan relatif ringan. Oleh karena itu, jumlah limbah kaleng minuman juga sangat signifikan dan menjadi limbah yang paling banyak didaur ulang (Belinda, 2006). Tanpa penanganan yang baik, kaleng tersebut dapat menimbulkan masalah lingkungan baru jika tidak dikelola dengan baik. Padahal kaleng-kaleng tersebut mengandung aluminium dan timah dalam jumlah yang cukup signifikan dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan hidup manusia. Suatu contoh, kaleng minuman bekas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan tawas kalium aluminium sulfat  $K_2Al_2(SO_4)_3$  karena kaleng tersebut mengandung aluminium yang relatif besar, 6 - 15% (Manurung dan Ayuningtyas, 2010).

Pembahasan tawas kalium aluminium sulfat sangat relevan dengan pembahasan pewarnaan kain karena tawas juga umum digunakan sebagai mordant untuk perekat ikatan antara zat warna dan serat kain. Penambahan mordant tawas dalam pewarnaan kain merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan afinitas dan kecenderungan zat warna terhadap struktur senyawa dalam serat kain, dan memperkuat daya ikat.

Ikatan yang tidak kuat menimbulkan kemudahan lepas zat warna ke lingkungan yang dapat menimbulkan masalah lingkungan baru karena zat warna sintetik bersifat sangat stabil (tahan) terhadap panas, pencucian dan serangan mikroba. Oleh karena itu, zat warna tersebut tidak dapat didegradasi secara biologis dengan pengolahan konvensional. Zat warna sintetik yang biasa digunakan adalah zat warna yang mengandung kromofor azo, misalnya methyl orange (MO). Zat warna azo seperti MO tidak dapat didegradasi pada kondisi aerobik karena degradasi warna azo terjadi melalui pemutusan/reduksi ikatan azo, suatu proses yang melibatkan aktivitas mikroorganisme anaerob. Dalam kondisi anaerob, ikatan azo dapat tereduksi menjadi senyawa aromatik amine atau sulphonated aromatik, yang tidak berwarna, tetapi lebih beracun dan karsinogenik.

Bahan adsorben yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini adalah kapas dan serat kain. Pemilihan ini didasarkan pada fakta bahwa beberapa jenis kain dibuat dari kapas atau selulosa. Kinetika adsorpsi yang dalam hal ini adalah laju reaksi dan order reaksi ditentukan dalam penelitian ini. Pengaruh penambahan tawas terhadap kinetika adsorpsi juga diukur. Oleh karena itu, penelitian ini dimaksudkan untuk menjawab tiga permasalahan utama, yaitu untuk menentukan (1) order reaksi, (2) konstanta laju reaksi, dan (3) pengaruh tawas hasil sintesis dari limbah kaleng terhadap order dan laju reaksi dalam pengikatan MO oleh kapas atau kain.

Pengetahuan tentang laju adsorpsi atau laju ikatan antara MO dan kain adalah penting untuk efektivitas dan efisiensi pewarnaan serta untuk meminimalisir masalah lingkungan. Untuk memahami kinetika adsorpsi, beberapa model telah umum digunakan. Namun, kebanyakan model tersebut digunakan untuk menggambarkan laju sebagai suatu perubahan konsentrasi komponen reaksi, serta untuk menentukan mekanisme reaksi dan order reaksi. Penentuan kinetika reaksi berdasarkan kapasitas adsorpsi suatu adsorben berbeda dengan kinetika yang didasarkan pada konsentrasi pereaksi. Contoh persamaan yang digunakan dalam hal ini adalah persamaan laju *Lagergren pseudo-first-order* atau *pseudo-second-order*, untuk menentukan order dan laju reaksi berdasarkan kapasitas adsorpsi suatu adsorben. Persamaan ini telah dimanfaatkan oleh beberapa peneliti sebelumnya untuk menggambarkan kinetika suatu sistem adsorpsi (Reddy 2006, Sivaprakash *et. al.* 2009, Renugadevi 2011, Krishna dan Swamy 2012).

## METODE PENELITIAN

Subjek Penelitian ini adalah MO, kapas, kain, dan tawas sintesis, sedangkan objek penelitiannya adalah kinetika adsorpsi (order reaksi, konstanta laju reaksi), dan pengaruh tawas terhadap kinetika adsorpsi.

Data dikumpulkan melalui eksperimen adsorpsi tepi dan kinetika adsorpsi tanpa atau dengan penambahan tawas hasil sintesis. Langkah eksperimen adsorpsi tepi dan kinetika adsorpsi mengikuti penelitian Ikhsan *dkk.* (2005, 2006, 2007, 2012). Adsorpsi tepi dilakukan untuk menentukan pH optimal eksperimen tanpa atau dengan penambahan tawas sintesis. Kapas atau kain yang dipotong-potong menjadi sangat lembut direndam dalam 400 mL larutan yang berisi  $2,5 \times 10^{-5}$  M MO dengan atau tanpa penambahan tawas. Sistem tersebut diaduk dengan *magnetic stirrer* secara berkelanjutan. pH larutan diukur dan diturunkan menjadi 3

dengan menambahkan  $H_2SO_4$ . Setelah 30 menit pengadukan, sampel diambil dan dipusingkan (*centrifuge*). Filtratnya dianalisis dengan UV-Vis spectrophotometre untuk konsentrasi MO sisa. Perbedaan konsentrasi awal dan sisa MO merupakan jumlah MO yang teradsorp oleh kapas pada pH 3. pH sistem dinaikkan menjadi 4 dengan menambahkan larutan KOH, dan diaduk selama 30 menit, kemudian sampel diambil lagi, dipusingkan, dan filtratnya dianalisa untuk konsentrasi MO sisa. Pengambilan sampel dan pengukuran MO sisa dilanjutkan sampai pH mencapai 10.

Kinetika adsorpsi dilakukan untuk menentukan banyaknya MO yang terikat oleh kapas atau kain tiap satuan waktu. Kapas atau kain yang telah dipotong-potong sampai halus dimasukkan ke dalam 400 mL  $2,5 \times 10^{-5}$  MMO dengan atau tanpa penambahan tawas. Campuran tersebut diaduk selama 10 menit dan sampel diambil, dipusingkan (*centrifuge*), kemudian filtratnya diukur untuk konsentrasi MO sisa dengan spectrofotometer UV-Vis. Campuran/suspensi tetap diteruskan diaduk secara berkelanjutan dan setelah pengadukan selama 10 menit, 20 menit, 30 menit, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, sampel diambil dan dianalisis seperti pada sampel sebelumnya. Perbedaan konsentrasi awal dan sisa MO merupakan jumlah MO yang terjerap oleh adsorben. Perbedaan data antara yang ditambahkan tawas dan yang tidak merupakan data pengaruh tawas pada kinetika adsorpsi.

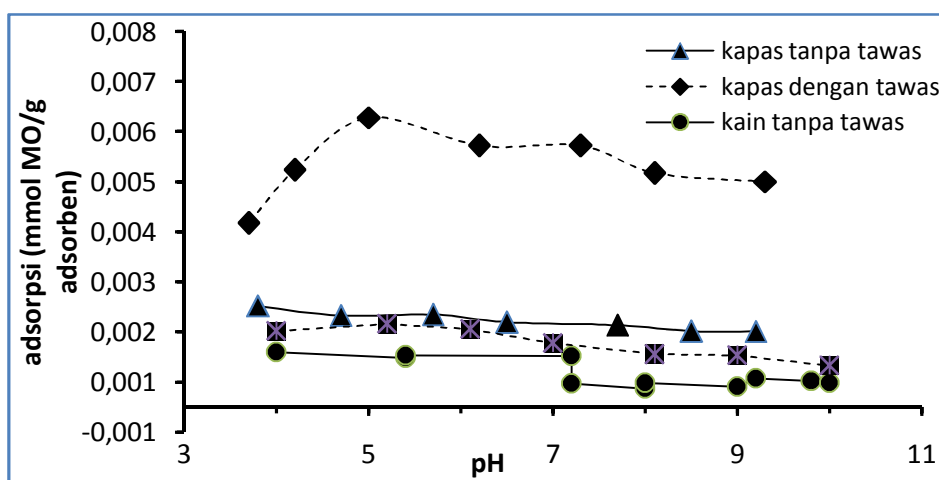
Data kinetika adsorpsi dimodel dengan persamaan laju Lagergren (Ho dan McKay 1998) untuk menentukan order reaksi dan konstanta laju reaksi.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### *Adsorpsi sebagai fungsi pH*

Pengukuran banyaknya MO yang terikat oleh adsorben pada beberapa harga pH ditunjukkan oleh Gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan bahwa MO terikat oleh adsorben kapas atau kain dalam jumlah yang relatif tetap untuk berbagai harga pH yang diamati dari 3 – 10. Terdapat sedikit peningkatan adsorpsi yang tidak signifikan pada pH 3 sampai 5, terutama untuk sistem kapas dan dengan penambahan tawas. Oleh karena itu, pH 5 dipilih sebagai pH optimal adsorpsi, yang merupakan pH di mana kinetika adsorpsi diukur. Penambahan tawas sintesis terbukti dapat meningkatkan adsorpsi MO baik oleh kapas maupun kain. Pengaruh tawas pada adsorpsi oleh kapas jauh lebih besar daripada adsorpsi oleh kain. Adsorpsi MO oleh kapas meningkat sekitar tiga kali lipat dari 0.0025 menjadi 0.0058 mmol per gram kapas. Sedangkan adsorpsi MO oleh kain meningkat hampir dua kali lipat dari 0.001 menjadi 0.0018 mmol per gram kain.

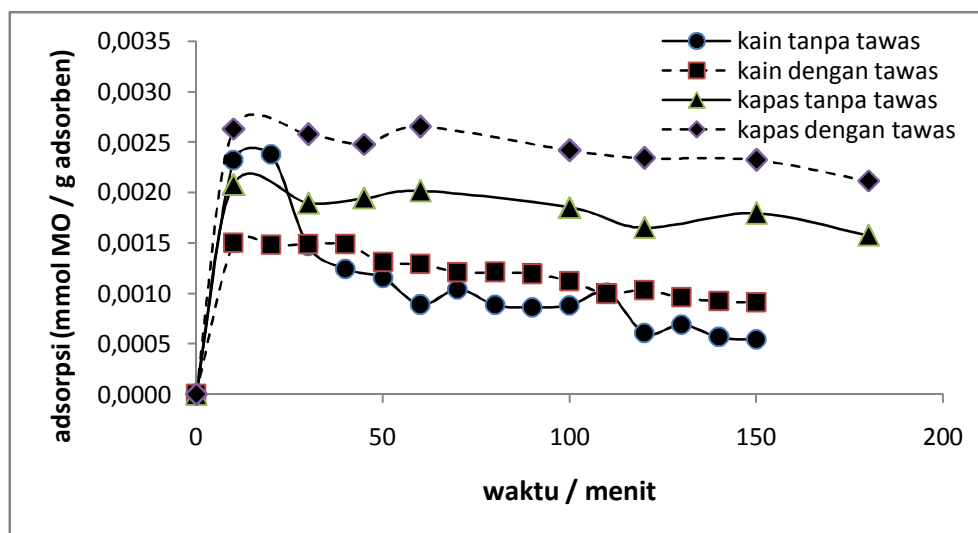
Naiknya kapasitas adsorpsi adsorben karena penambahan tawas ini menunjukkan bahwa tawas memiliki afinitas yang tinggi terhadap zat warna, yang dalam hal ini adalah MO, dan berdifusi secara cepat kedalam adsorben karena ukuran molekulnya yang kecil dan diadsorp oleh kapas.



Gambar 1. Adsorpsi MO oleh adsorben kapas dan kain sebagai fungsi pH.

### Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi dilakukan selama 0 – 200 menit, dengan hasil diberikan dalam Gambar 2. MO terikat oleh kapas atau kain, dan mencapai kesetimbangan reaksi dalam waktu yang sangat singkat, 30 menit. Kinetika adsorpsi yang berlangsung sangat cepat ini menunjukkan bahwa MO memiliki afinitas yang tinggi terhadap adsorben. MO memiliki kromofor gugus azo yang berikatan dengan gugus aromatik. Gugus-gugus reaktif zat warna MO tersebut mudah lepas, dan MO menjadi sangat reaktif terhadap adsorben.



Gambar 2. Kinetika adsorpsi MO oleh adsorben kapas dan kain

Untuk semua waktu kontak yang teramati dari 0 sampai 250 menit, kapas mampu mengikat MO dalam jumlah yang lebih besar daripada kain. Hal ini dapat dijelaskan karena kapas memiliki permukaan yang lebih besar daripada kain. Kain merupakan hasil olahan yang dari sisi fisik, kain mempunyai struktur lebih masif dengan jumlah permukaan aktif lebih rendah daripada kapas. Secara rata-rata, dari hasil eksperimen, kapasitas adsorpsi kapas terhadap MO tanpa penambahan tawas untuk masa kontak kesetimbangan (30 menit) adalah 0.002 mmol per g kapas, dan meningkat menjadi 0.0025 mmol per gram kapas. Sedangkan, kapasitas adsorpsi kain terhadap MO jauh lebih kecil daripada kapasitas kapas, yaitu 0,0009 menjadi 0.0013. Pengaruh tawas terhadap kinetika reaksi juga sangat signifikan untuk semua waktu kontak yang diamati, terutama pada adsorben kapas.

Kinetika adsorpsi selalu dikaitkan dengan waktu kontak antara adsorbat dan sorben, yang merupakan suatu proses yang menyeluruh tentang konsentrasi awal, akhir, dan waktu yang dibutuhkan untuk perubahan dari konsentrasi awal ke akhir. Untuk suatu proses adsorpsi, diperlukan persamaan laju reaksi yang tergantung pada kapasitas adsorpsi suatu adsorben, dan informasinya diharapkan dapat melengkapi informasi proses adsorpsi dan mekanisme reaksi adsorpsi berdasarkan data eksperimen. Oleh karena itu, model yang menggambarkan proses adsorpsi MO oleh adsorben kapas dan kain diuji dengan persamaan laju Lagergren. Hasil perhitungan dengan persamaan ini ditunjukkan oleh Gambar 3 dan 4.

Data kinetika adsorpsi yang telah dikumpulkan dimodel/dianalisis dengan persamaan Lagergren yang sering disebut Lagergren Pseudo First Order or Second Order Kinetic Model (Ho and McKay 1998). Persamaan tersebut telah dimanfaatkan untuk memodel data kinetika sorpsi (Reddy 2006, Sivaprakash et. al. 2009, Renugadevi, 2011, Krishna and Swamy, 2012).

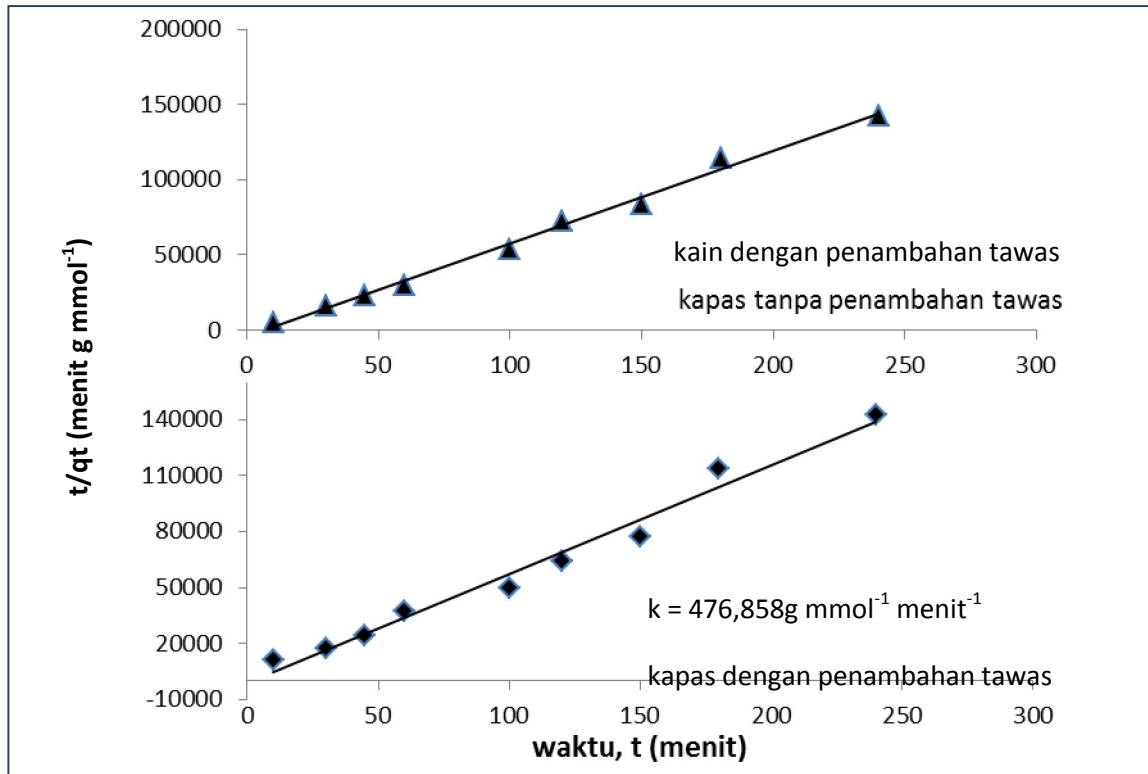
Ho and McKay (1998) melakukan kajian tentang persamaan *Lagergren. Pseudo-first Order Kinetic Model*, yang mana persamaan tersebut dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t)$$

Di mana  $q_e$  dan  $q_t$  adalah kapasitas adsorpsi pada saat kesetimbangan dan pada saat  $t$ , dengan satuan  $\text{mmol g}^{-1}$ , sedangkan  $k_1$  adalah konstanta laju dari sorpsi pseudo reaksi pertama dengan satuan  $\text{menit}^{-1}$ . Integral terhadap persamaan tersebut pada batas-batas  $t=0$  sampai  $t=t$ , dan  $q=0$  sampai  $q=q_t$ , maka persamaan Lagergren Pseudo-first Order Kinetic menjadi:

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2,303} t$$

Persamaan ini dapat digunakan untuk model data eksperimen kinetika, di mana plotting  $\log(q_e - q_t)$  versus  $t$  akan menghasilkan suatu garis lurus jika reaksi sorpsi berorder total satu.



Gambar 3. Penghitungan order reaksi dengan persamaan Lagergren untuk adsorben kapas. Simbol adalah data penelitian dan garis dihitung dengan persamaan laju Lagergren Pseudo-second Order Kinetic

Untuk persamaan mekanisme reaksi order kedua dalam suatu adsorpsi, persamaan laju Lagergren Pseudo-Second Order Kinetic dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)^2$$

Dimana satuan kapasitas sorpsi  $q$  adalah  $\text{mmol g}^{-1}$ , sedangkan satuan konstanta laju  $k$  adalah  $\text{g mmol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ . Integral yang sama dengan reaksi order pertama, diperoleh persamaan:

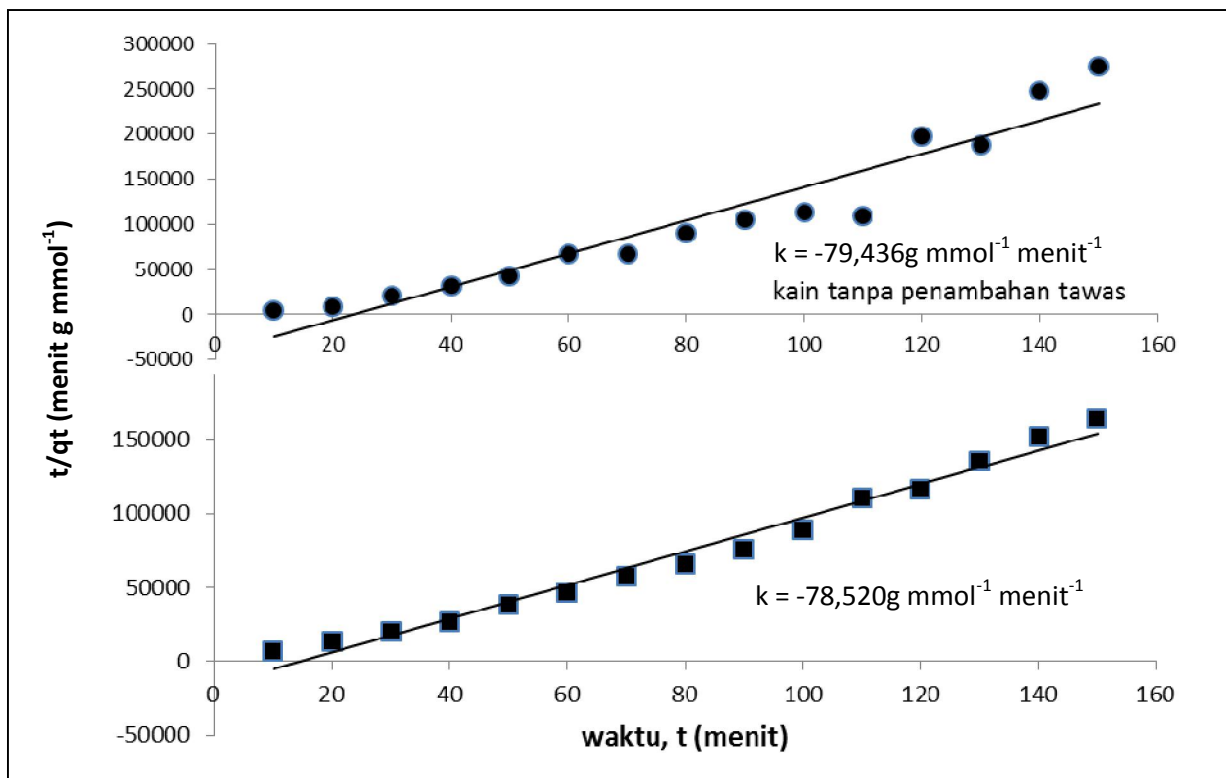
$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + kt$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{kq_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

Jika harga  $k \cdot q_e^2$  sebagai laju awal reaksi dinotasikan sebagai  $h$  (Kumar *et al.* 2010), maka persamaan dapat dituliskan sebagai:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{h} + \frac{1}{q_e} t$$

Plotting  $t/q_t$  versus  $t$  menghasilkan garis lurus, sehingga harga konstanta laju ( $k$ ) dapat ditentukan.



Gambar 4. Penghitungan order reaksi dengan persamaan Lagergren untuk adsorben kain. Simbol adalah data penelitian dan garis dihitung dengan persamaan laju Lagergren *Pseudo-second Order Kinetic*

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa reaksi adsorpsi mengikuti mekanisme reaksi order dua, dimana plotting  $t/q_t$  sebagai sumbu Y dan  $t$  sebagai sumbu X menghasilkan garis lurus dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang tinggi (Gambar 3 dan 4). Dari pemodelan menggunakan persamaan laju Lagergren *Pseudo-second Order Kinetic* tersebut dihasilkan harga konstanta laju ( $k$ ) dan kapasitas adsorpsi pada saat kesetimbangan ( $q_e$ ) (Tabel 1). Kualitas hasil pemodelan ditunjukkan oleh besarnya harga koefisien korelasi ( $R^2$ ). Tingginya harga  $R^2$  hasil dalam penelitian ini meyakinkan bahwa reaksi pengikatan MO oleh kapas atau kain berlangsung melalui reaksi berorder dua, dengan hukum laju reaksi yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$v = \frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)^2,$$

atau dengan hukum laju terintegrasi sebagai berikut:

$$kt = \frac{1}{(q_e - q_t)} - \frac{1}{q_e}$$

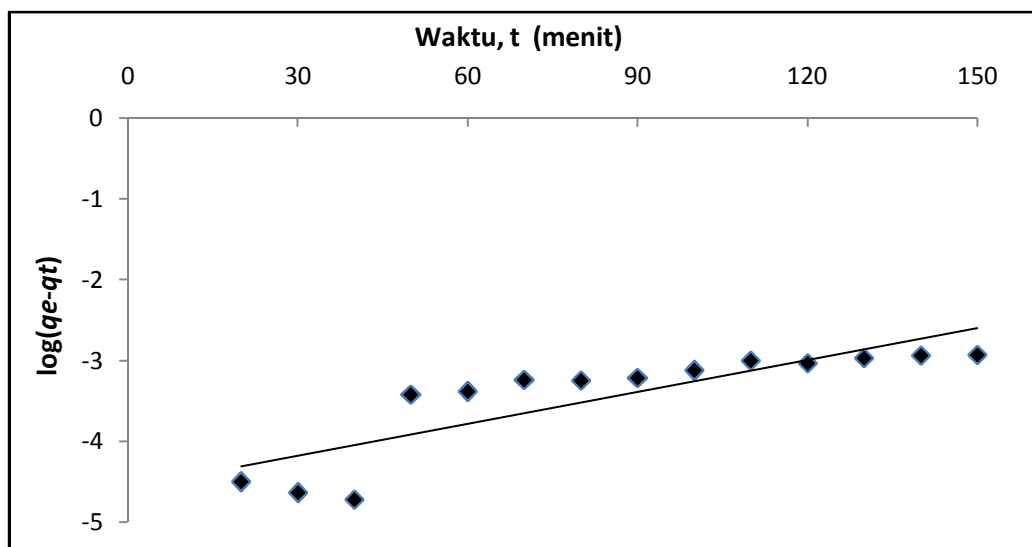
Kualitas hasil model juga dapat dinilai dari perbandingan harga kapasitas adsorpsi saat antara hasil hitung dan hasil eksperimen (Kumar *et al.*, 2010). Perhitungan harga  $q_e$  dengan

persamaan di atas menghasilkan harga  $q_{eq}$  yang tidak berbeda secara signifikan dengan harga  $q_e$  hasil eksperimen (Tabel 1). Ini menegaskan bahwa pengikatan MO oleh kapas atau kain mengikuti reaksi order 2, yang berarti tahap penentu laju reaksi adalah padaproses kemisorpsi, di mana MO mengikat permukaan aktif adsorben melalui ikatan kovalen (Kumar, 2010) atau ikatan kimia lainnya (elektrovalen, hidrogen). MO cenderung mengikat beberapa gugus fungsional permukaan aktif sekaligus untuk memaksimalkan bilangan koordinasinya. Hasil ini sejalan dengan penelitian Kumar *et. al.* (2010) tentang adsorpsi  $Pb^{2+}$  oleh nano-silversol-coated activated carbon.

Tabel 1. Perbandingan antara konstanta laju adsorpsi ( $k$ ), kapasitas adsorpsi saat setimbang ( $q_e$ ), laju awal reaksi ( $h$ ), dan koefisien korelasi ( $R^2$ ) terkait dengan pemodelan menggunakan persamaan laju Lagergren *pseudo-second-order*.

Parameter laju	Kapas		Kain	
	tanpa tawas	dengan tawas	tanpa tawas	dengan tawas
$q_e$ hasil hitung ( $mmol\ g^{-1}$ adsorben)	0,001620	0,001717	0,0005420	0,0008779
$q_e$ eksperimen ( $mmol\ g^{-1}$ adsorben)	0,001940	0,002478	0,0008880	0,0012915
$k$ ( $g\ mmol^{-1}\ menit^{-1}$ )	93,669000	476,857790	-79,4356000	-78,5203516
$h$ ( $mmol\ g^{-1}\ menit^{-1}$ )	0,000246	0,001407	-0,0000234	-0,0006051
Koefisien korelasi ( $R^2$ )	0,993400	0,979700	0,9172000	0,9801000

Pemodelan dengan persamaan laju Lagergren *pseudo-first-order* juga dilakukan, tetapi menghasilkan  $R^2$  yang kecil dengan harga  $q_e$  hitung dan  $q_e$  eksperimen yang sangat berbeda (Gambar 5 dan Tabel 2). Gambar 5 dan Tabel 2 tersebut menunjukkan hasil perhitungan dengan persamaan laju Lagergren *pseudo-first-order* terhadap sistem adsorpsi MO oleh kain dengan penambahan tawas, yang merupakan salah satu sistem adsorpsi di antara empat sistem yang dipelajari. Ini berarti bahwa reaksi pengikatan MO oleh kain tidak melalui reaksi berorder satu.



Gambar 5. Penghitungan order reaksi menggunakan persamaan Lagergren untuk adsorben kain dengan penambahan tawas. Simbol adalah data penelitian dan garis dihitung dengan persamaan laju Lagergren *pseudo-first Order Kinetic*

Tabel 2. Perbandingan antara  $k$ ,  $q_e$ , dan  $R^2$  hasil pemodelan menggunakan persamaan laju Lagergrenpseudo-first-order untuk sistem MO-kain-tawas

Parameter laju	harga
$q_e$ hasil hitung (mmol g <sup>-1</sup> adsorben)	0,0000269
$q_e$ eksperimen (mmol g <sup>-1</sup> adsorben)	0,0012915
$k$ (menit <sup>-1</sup> )	-0,0303990
Koefisien korelasi ( $R^2$ )	0,7141

Pengaruh mordan tawas sintesis dari limbah kaleng minuman terhadap konstanta laju reaksi sangat signifikan pada adsorben kapas, tetapi tidak signifikan pada adsorben kain. Hal ini ditunjukkan oleh harga  $k$  pada adsorben kapas yang besarnya lima kali lipat sebagai akibat penambahan tawas tersebut (Tabel 1). Ini dapat difahami karena permukaan aktif kapas lebih luas daripada kain sehingga permukaan aktif kapas tersebut mengalami lebih banyak tumbukan yang efektif di waktu kesetimbangan dengan molekul sorbat, yaitu MO dan tawas. Ini sejalan dengan data adsorpsi sebagai fungsi pH, di mana kapas dapat mengikat MO dalam konsentrasi yang jauh lebih besar dengan penambahan tawas untuk semua harga pH (Gambar 1). Namun, penambahan tawas pada adsorben kapas bahkan membuat laju awal reaksi order dua ( $h$ ) ini lebih rendah (Tabel 1). Hal ini dapat diakibatkan karena perlunya waktu di awal yang lebih besar bagi kapas yang memiliki permukaan aktif lebih besar untuk memutuskan ikatan, sebelum membentuk ikatan baru dalam suatu reaksi. Pemutusan ikatan pada sistem dengan pereaksi lebih banyak dapat mengakibatkan laju awal reaksi yang lebih lambat.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Ikatan zat warna azo MO dengan kapas atau kain baik dengan penambahan maupun tanpa penambahan mordan tawas hasil sintesis, terjadi melalui reaksi berorder dua.
2. Konstanta laju reaksi pengikatan MO oleh kapas tanpa dan dengan penambahan tawas sintesis berturut-turut adalah -79,436 dan -78,520 g mmol<sup>-1</sup> menit<sup>-1</sup>. Sedangkan konstanta pada pengikatan zat warna tersebut oleh kain tanpa dan dengan penambahan mordan sintesis berturut-turut adalah 93,669 dan 476,858 g mmol<sup>-1</sup> menit<sup>-1</sup>.
3. Pengaruh mordan tawas sintesis dari limbah kaleng minuman terhadap konstanta laju reaksi pengikatan MO oleh adsorben kapas adalah sangat signifikan tetapi tidak signifikan pada adsorben kain.

### Saran

1. Pengujian lanjut secara spektroskopi sangat baik untuk dilakukan, misalnya dengan ATR-FTIR untuk membuktikan jenis kekuatan ikatan. Kemisorpsi biasanya dapat menggeser panjang gelombang suatu gugus fungsi.
2. Eksperimen lanjut tentang pengaruh konsentrasi MO terhadap adsorpsi perlu dilakukan untuk mendukung gambaran proses adsorpsi melalui pola adsorpsi yang terjadi.

### Ucapan Terima Kasih

Artikel ini ditulis dari hasil Penelitian Hibah Bersaing tahun 2013, yang didanai oleh DP2M Ditjen DIKTI melalui BOPTN UNY, dengan nomor kontrak: 017/APHB-BOPTN/UN34.21/2013. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada DP2M DIKTI dan UNY yang mendukung terlaksananya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Belinda, H.E.M., 2006, Analysis of the Recycling Method for Aluminum Soda Cans, Disertasi, Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland
- Ho, Y.S., McKay, G. (1998), A Comparison of Chemisorption Kinetic Models Applied to Pollutant Removal on Various Sorbents, *Trans Ichem E*, 76B, 332-340.



- Ikhsan, J., Wells, J.D. and Johnson, B.B. and Angove, B.B. (2005), Sorption of 3-amino-1,2,4-triazole and Zn(II) onto Montmorillonite, *Clays and Clay Minerals*, 53(2), 137 -146
- Ikhsan, J., Widjajanti LFX, E., and Sunarto. (2006), Study of Reaction Mechanisms on the Adsorption of 9-Aminoacridine by Montmorillonite, *Proceeding: International Conference on Mathematics and Natural Sciences*, ITB Bandung: October 2006.
- Ikhsan, J., Widjajanti LFX, E., Sunarto, (2007), Model Pembentukan Kompleks Permukaan pada Adsorpsi 9-Aminoakridin oleh Kaolinit, *Journal Pendidikan Matematika dan Sains* (ISSN: 1410 1866), edisi 2, Tahun XII, Nopember 2007.
- Ikhsan, J., Widjajanti LFX, E, Sunarto, (2012), *Thermodynamic Parameters on the Sorption of Phosphate Ions by Montmorillonite*, International Conference of the Indonesian Chemical Society 2012, Malang: Unibraw
- Krishna, R. H. dan Swamy, A.V.V.S., 2012. Physico-Chemical Key Parameters, Langmuir and Freundlich Isotherm and Lagergren Rate Constant Studies on The Removal of Divalent Nickel from the Aqueous Solutions onto Powder of Calcined Brick, *International Journal of Engineering Research and Development*, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, www.ijerd.com, Vol. 4, Issue 1,29-38.
- Kumar, P. S., Vincent, C., Kirthika, K., Kumar, K.S., 2010. Kinetics and Equilibrium Studies of Pb<sup>2+</sup> Ion Removal from Aqueous Solutions by Use of Nano-Silver Sol-Coated Activated Carbon, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 27, No. 02, 339 – 346.
- Manurung, M., Ayuningtyas, I.R., 2010. Kandungan Aluminium dalam Kaleng Bekas dan Pemanfaatannya dalam Pembuatan Tawas, *Jurnal Kimia*, 4(2), 180-186.
- Reddy, M. C.S. (2006), *Removal of Direct Dye from Aqueous Solutions with an Adsorbent Made from Tamarind Fruit Shell, an Agricultural Solid Waste*, *Journal of Science and Industrial Research*, Vol 65, 443-446.
- Renugadevi, N., Sangeetha, R., and Lalitha, P. (2011), *Kinetics of the Sorption of Methylene Blue from an Industrial Dyeing Effluent onto Activated Carbon Prepared from the Fruits of Mimosa Elengi*, *Archives of Applied Science Research* 3(9), 492-498.
- Sivaprakash, A., Aravindhan, R., Ranghavarao, and J., Nair, B. U. (2009), *Kinetics and Equilibrium Studies on the Biosorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solutions Using Bacillus Subtilis Biomass*, *Applied and Environmental Research* 7(1), 45-57.