

Pengaruh Laju Alir Terhadap Kinetika Adsorpsi *Methylene Blue* dengan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi NaOH

Eka Marya Mistar¹, Titien Sara², Tata Alfatah³

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah

²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah

³Staff BAPEDAL Provinsi Aceh

¹²Jl. T. Imum Lueng Bata Batoh – Banda Aceh

Correspondence email :eka_mry@yahoo.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir terhadap kinetika adsorpsi *methylene blue* pada karbon aktif. Adsorpsi dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa yang teraktivasi oleh NaOH. Karbon aktif diletakkan pada unggun dengan memvariasikan laju alir *methylene blue*. Variasi laju alir yang digunakan adalah 5 mL/menit, 10 mL/menit dan 15 mL/menit. Hasil penelitian menunjukkan daya serap *methylene blue* tertinggi yaitu pada laju alir 5 mL/menit, yaitu pada menit ke 100 menghasilkan konsentrasi effluent 5,68 mg/L.

Kata kunci: *methylene blue*, karbon aktif, tempurung kelapa, model Thomas

Abstract. This research aims was focus to determine the kinetic flow rate effect of *methylene blue* adsorption with activated carbon. Adsorption is done by using Activated carbon from coconut shell and was performed by using NaOH activator. Activated carbon is placed in the bed by varying the flow rate of *methylene blue*. Variations of flow rate was 5 mL/min, 10 mL/min and 15 mL/min. The results showed the highest absorption of *methylene blue* was at 5 mL/min, and has effluent concentration of 5.68 mg/L.

Keyword: *methylene blue*, activated carbon, coconut shell, Thomas model

1. Pendahuluan

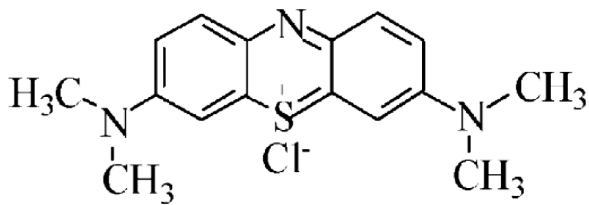
Methylene blue atau *basic blue* 9 bersifat basa yang sering digunakan untuk mewarnai kain katun, wol, rambut, kertas dan lain – lain. *Methylene blue* tidak termasuk golongan zat pewarna berbahaya tetapi bila terhirup maka akan menyebabkan gejala mual, muntah, sesak napas dan diare. *Methylene blue* sering digunakan dalam mempelajari proses adsorpsi bahan pencemar dalam air limbah (Herlina, 2014).

Salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi zat pencemar dalam air adalah adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Menurut Yustinah dan Hartini (2011), karbon aktif merupakan arang yang diolah pada temperatur tinggi dengan menggunakan gas CO₂, N₂, uap air atau bahan – bahan kimiadengan tujuan agar kandungan hidrokarbon pada permukaan arang tempurung hilang sehingga luas permukaan karbon aktif semakin meningkat dan layak digunakan sebagai penyerap. Karbon aktif telah banyak digunakan dalam bidang

industri makanan dan minuman, perminyakan, farmasi, juga sebagai bahan penyerap limbah logam berbahaya.

Proses adsorpsi dapat dilakukan secara *batch* ataupun kontinyu. Metode kontinyu dapat dilakukan dengan cara mengalirkan fluida cair secara gravitasi maupun kompresi melewati kolom unggun yang telah berisi adsorben. Penelitian yang menggunakan metode aliran kontinyu masih sangat sedikit oleh karena itu penelitian ini akan melakukan kajian terhadap adsorpsi *methylene blue* secara kontinyu dengan memvariasikan laju alir (F) larutan *methylene blue*. Berdasarkan uraian di atas, spesifik permasalahan yang akan peneliti tinjau dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh laju alir terhadap kinetika adsorpsi *methylene blue* pada karbon aktif?
2. Bagaimana model kinetika adsorpsi *methylene blue* pada karbon aktif dengan menggunakan model Thomas ?



Gambar 2.1 Struktur molekul *methylene blue* (Han, dkk., 2007)

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Methylene Blue

Metil biru (*Methylene Blue*) memiliki rumus kimia $C_{16}H_{18}ClN_3S$, merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. *Methylene Blue* merupakan zat pewarna yang sering digunakan sebagai pewarna tekstil, rambut, juga sebagai bakterisida pada akuarium. Senyawa ini berbentuk kristal hijau gelap yang ketika dilarutkan dalam air berwarna biru. *Methylene blue* memiliki berat molekul 319,86 gr/mol, dengan titik lebur di $105^{\circ}C$ dan daya larut sebesar $4,36 \times 10^4$ mg/L (Endang Palupi, 2006). Tri (2013) menambahkan bahwa dampak penggunaan *methylene blue* ialah terjadi iritasi pada kulit, iritasi mata, saluran pencernaan, dan pada dosis tinggi dapat menyebabkan kanker hati. Struktur molekul dan sifat fisik *methylene blue* ditampilkan pada Gambar 2.1 dan Tabel 2.1.

2.2. Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Karbon aktif adalah karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya melalui proses aktivasi. Pada proses ini terjadi penghilangan gas hidrogen, gas – gas lainnya dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada struktur permukaan karbon. Aktivasi ini terjadi karena adanya interaksi antara permukaan karbon dengan atom - atom seperti oksigen ataupun nitrogen sehingga terbentuknya gugus aktif dan menghasilkan pori – pori baru akibat pengikisan atom karbon melalui proses oksidasi atau pemanasan. Perbedaan karbon aktif

dengan karbon biasa bila dilihat berdasarkan sifat permukaannya. Arang biasa memiliki permukaan pori – pori yang masih tertutup dengan deposit hidrokarbon, sedangkan permukaan arang aktif telah bersih dari deposit sehingga mampu melakukan adsorpsi yang lebih maksimal karena pori – pori permukaannya terbuka dan lebih luas.

Banyaknya penelitian tentang karbon aktif menuntut produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Salah satu kelayakan arang aktif adalah merujuk pada SNI (Standar Nasional Indonesia). Syarat – syarat mutu arang aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

2.3. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses terjadinya perpindahan massa adsorbat dari fasa gerak (fluida pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben. Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik menarik antara molekul adsorbat dengan pori - pori aktif di permukaan adsorben. Adsorpsi merupakan peristiwa terjadinya perubahan kepekatan dari molekul, ion atau atom antara permukaan dua fase (Setyaningsih, 1995).

2.3.1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika (*phiosorbtion*), merupakan penyerapan yang terjadi akibat adanya gaya tarik menarik (interaksi elektrolisis antar dipol) yang disebabkan oleh ikatan Van der Waals antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan penyerap (Alfatah, 2015). Pada proses adsorpsi ini gaya fisika yang menarik molekul-molekul fluida ke permukaan padatan relatif rendah.

2.3.2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia (*chemisorption*) merupakan reaksi yang terjadi akibat adanya reaksi kimia antara permukaan adsorben dan molekul adsorbat. Ikatan kimia pada adsorpsi kimia relatif lebih kuat dari pada ikatan pada adsorpsi fisika. Adsorpsi kimia akan terjadi apabila ikatan antar molekul adsorbat dan permukaan adsorben lebih kuat dari pada ikatan antar molekul adsorbat sendiri.

2.4. Kinetika Adsorpsi Model Thomas

Persamaan model kinetika Thomas adalah

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik *methylene blue*

Sifat Fisik	<i>Methylene blue</i>
Nama IUPAC	3,7-bis(Dimethylamino) - phenazathionium chloride Tetramethylthionine chloride
Rumus molekul	$C_{16}H_{18}N_3ClS$
Massa Molar	319,85 g/mol
Titik lebur	$100-110^{\circ}C$
Titik didih	Terurai
data pada : T = $25^{\circ}C$ dan P = 100 kPa	

Sumber: Webster's online dictionary

Tabel 2.2 Syarat Mutu Arang Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995

No.	Uraian	Persyaratan	
		Butiran	Serbuk
1.	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 oC (%)	Maks 15	Maks 25
2.	Air (%)	Maks 4.4	Maks 15
3.	Abu (%)	Maks 2.5	Maks 10
4.	Bagian yang tidak terarang (%)	Tak ternyata	Tak ternyata
5.	Daya serap terhadap I2 (mg/g)	Min 750	Min 750
6.	Karbon aktif murni (%)	Min 80	Min 65
7.	Daya serap terhadap benzene (%)	Min 25	-
8.	Daya serap terhadap methylene blue (mg/g)	Min 60	Min 120
9.	Kerapatan jenis curah (g/ml)	0.45 – 0.55	0.30 – 0.35
10.	Lolos ukuran mesh 325 %	-	Min 90
11.	Jarak mesh %	90	-
12.	Kekerasan %	80	-

Sumber : DSN, 1995

salah satu model kinetikayang dikembangkan untuk mengkaji proses adsorpsi heterogen dalam sistem yang mengalir (Santoso dan Juwono, 2009). Han, dkk., (2007) menyatakan bahwa persamaan Thomas ini merupakan model yang paling umum dan banyak digunakan untuk mengkaji kurva *breakthrough* karena kesederhanaannya.

Model kinetika Thomas dinyatakan pada persamaan (2.1) berikut :

$$\frac{C_t}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp \left[\left(k_T \cdot q_0 \cdot \frac{m}{F} \right) - (k_T \cdot C_0 \cdot t) \right]} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana C_0 : konsentrasi logam berat dalam larutan awal sebelum masuk kolom (mg/L), C_t : konsentrasi logam berat dalam efluen setelah keluar dari kolom (mg/L) pada waktu t, F :laju alir volumetrik (mL/menit), q_0 : kapasitas adsorpsi per gram adsorben (mg/g), m : massa adsorben dalam kolom (g), k_T : tetapanlaju Thomas (mL/menit.mg), dan t : waktu laju alir proses adsorpsi berlangsung (menit). Plot antara C_t/C_0 terhadap t akanmenghasil kurva pola adsorpsi, yang biasa disebut sebagai kurva *breakthrough*. Model kinetika Thomas yang dinyatakan padapersamaan (2.1) tersebut dapat diubah menjadi bentuklinear, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.2), (2.3), dan (2.4) yaitu :

$$\frac{C_0}{C_t} = 1 + \exp \left[\left(k_T \cdot q_0 \cdot \frac{m}{F} \right) - (k_T \cdot C_0 \cdot t) \right] \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\frac{C_0}{C_t} - 1 = \exp \left[\left(k_T \cdot q_0 \cdot \frac{m}{F} \right) - (k_T \cdot C_0 \cdot t) \right] \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\ln \left(\frac{C_0}{C_t} - 1 \right) = \left(k_T \cdot q_0 \cdot \frac{m}{F} \right) - (k_T \cdot C_0) \cdot t \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

3. Metodologi Penelitian

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Peralatan

Peralatan utama dan pendukung yang diperlukan yaitu : spektrofotometer *double beam* 2120 UV – Vis (Optizen), timbangan analitik CP 224S (Sartorius), *hot plate*, spatula, wadah plastik, botol gelas, kaca arloji, *beaker glass*, gelas ukur, *magnetic stirrer*, selang, dan tangki plastik.



Gambar 3.1 peralatan adsorpsi *Methylene blue* secara kontinyu skala laboratorium

3.1.2 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah : karbon aktif, *methylene blue*, aquades, dan tisu.

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel Tetap

Adapun variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH pada temperatur pirolisis 800 °C dengan waktu 1 jam.
2. Massa karbon aktif 2,0 gram.
3. Konsentrasi *methylene blue* 10,0 mg/L.

3.2.2 Variabel Berubah

Adapun variabel berubah dalam penelitian ini adalah laju alir yang divariasikan yaitu : 5 mL/menit, 10 mL/menit, dan 15 mL/menit

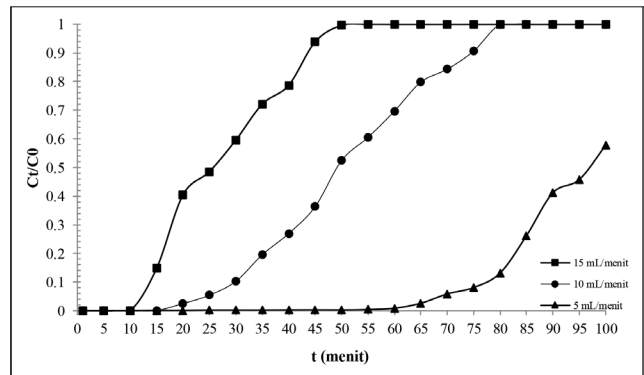
3.3 Proses Adsorpsi *Methylene Blue*

Larutan *methylene blue* dengan konsentrasi 1000 mg/L dibuat dengan cara melarutkan 1,0 gram *methylene blue* dengan 1,0 liter aquades (Alfatah, 2015). Proses adsorpsi dilakukan dengan cara mengalirkan larutan *methylene blue* 10 mg/L dengan *flow rate* masing – masing 5 dan 10 mL/menit sehingga terjadi proses adsorpsi dengan karbon aktif sebanyak 2 gram yang sudah dimuat pada kolom unggun. Pengujian merkuri dilakukan dengan cara mencuplik sampel pada *effluent* pada menit ke : 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, dan 100. Desain peralatan adsorpsi *Methylene blue* secara kontinyu skala laboratorium yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Adsorpsi *Methylene Blue*

Analisa daya serap terhadap *methylene blue* dilakukan pada panjang gelombang (λ)664 nm. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif untuk menyerap larutan berwarna (*dye*) dengan ukuran molekul 16 Å (Simoncic dan Armbruster, 2005). Penyerapan *methylene blue* oleh karbon aktif ditampilkan



Gambar 4.1 Pengaruh perlakuan karbon aktif terhadap daya serap *methylene blue*

pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi *methylene blue* menurun pada laju alir 5 mL/menit dibandingkan dengan laju alir 10 mL/menit dan 15 mL/menit. Hal ini disebabkan semakin lambat laju alir yang digunakan maka akan semakin lama pula waktu kontak antara larutan *methylene blue* dengan karbon aktif sehingga proses penyerapan akan semakin maksimal.

4.2 Aplikasi Adsorpsi *Methylene Blue*

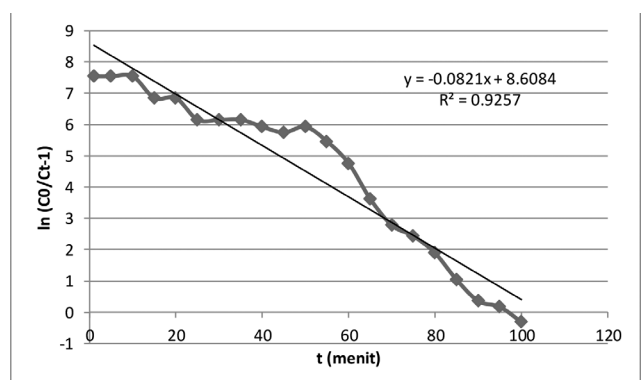
4.2.1 Kurva linear, prediksi Tetapan Laju Thomas

Grafik persamaan model Thomas ln ((Co/Ct) – 1) berbanding waktu untuk ketiga variasi laju alir ditunjukkan pada Gambar 4.2 – 4.4.

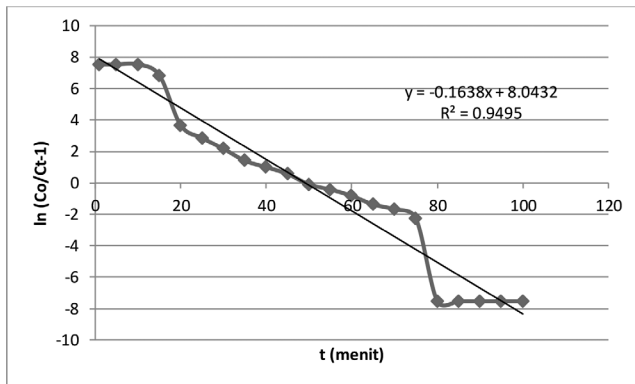
Nilai *slope* dan *intercept* pada Gambar 4.2 sampai dengan 4.4 digunakan untuk menentukan nilai k_T (tetapan laju Thomas) dan q_0 (kapasitas adsorpsi per gram adsorben). Nilai k_T dan q_0 untuk masing – masing karbon aktif ditunjukkan pada Tabel 4.1.

4.2.2 Permodelan Adsorpsi *Methylene Blue* Pada Karbon Aktif

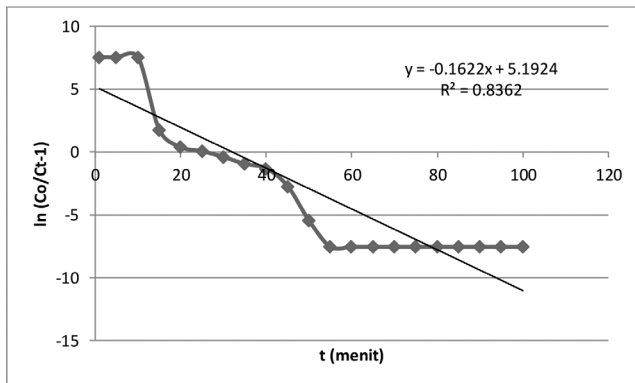
Berdasarkan nilai k_T dan q_0 yang diperoleh dari hasil eksperimen yang telah dilakukan, maka dapat ditentukan model adsorpsi *methylene blue* pada



Gambar 4.2 Grafik persamaan model Thomas untuk laju alir 5 mL/menit



Gambar 4.3 Grafik persamaan model Thomas untuk laju alir 10 mL/menit



Gambar 4.4 Grafik persamaan model Thomas untuk laju alir 15 mL/menit

variasi ketiga laju alir yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Model Thomas membantu dalam mengkaji kinetika proses adsorpsi *methyleneblue* pada ketiga jenis laju alir. Nilai C_t dapat diprediksi berdasarkan pemodelan adsorpsi model Thomas yang tercantum pada Tabel 5.2. Selanjutnya nilai C_t yang diperoleh dapat dibuat kurva *breakthrough* dengan plot C_t/C_0 berbanding waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kapasitas adsorpsi maka semakin lama pula *breakthrough* terjadi. Dari hasil penelitian terdapat perbedaan kapasitas adsorpsi yang cukup signifikan, hal ini sangat dipengaruhi oleh

Tabel 4.1 Prediksi parameter dengan model Thomas untuk adsorpsi merkuri

Laju Alir (mL/menit)	C_0 (mg/L)	k_r (L/menit.mg)	q_0 (mg/g)	r
5	10	$8,354 \times 10^{-3}$	23,87	0,9257
10	10	$16,667 \times 10^{-3}$	39,27	0,9495
15	10	$16,505 \times 10^{-3}$	45,85	0,8362

Tabel 4.2 Model adsorpsi merkuri pada karbon aktif

Laju alir (mL/menit)	Model Adsorpsi Merkuri
5	$\frac{C_t}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp [8,354 \cdot 10^{-3} (23,87 \cdot \frac{m}{F}) - (C_0 \cdot t)]}$
10	$\frac{C_t}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp [16,666 \cdot 10^{-3} (39,27 \cdot \frac{m}{F}) - (C_0 \cdot t)]}$
15	$\frac{C_t}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp [16,505 \cdot 10^{-3} (45,85 \cdot \frac{m}{F}) - (C_0 \cdot t)]}$

variasi laju alir. Semakin lambat laju alir maka semakin lama terjadi kontak antara karbon aktif dan *methyleneblue* sehingga kapasitas adsorpsi juga semakin meningkat.

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik adalah :

1. Laju alir 5 mL/menit lebih maksimal dalam menyerap *methylene blue* dibandingkan laju alir 10 mL/menit dan 15 mL/menit, yaitu pada menit ke 100 menghasilkan konsentrasi effluent 5,68 mg/L.
2. Semakin lambat laju alir yang digunakan maka akan semakin lama pula waktu kontak antara larutan *methylene blue* dengan karbon aktif sehingga proses penyerapan akan semakin maksimal.

6. Daftar Pustaka

- Alfatah, T, 2015. Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa dengan aktivator NaOH serta aplikasi adsorpsi merkuri menggunakan kolom unggun tetap, Jurnal Rona Lingkungan BAPEDAL, Provinsi Aceh.
- Dewan Standarisasi Nasional, 1995, Syarat Mutu Arang Aktif Teknis Berdasarkan SNI 06-3730 – 1995, Jakarta.
- Han, R., Y., Wangyi, Zou, W., Yuanfeng, W., Shi, J., 2007, Comparison of linear and nonlinear analysis in estimating the Thomas model parameters for methylene blue adsorption onto natural zeolite in fixed-bed column, *Department of Chemistry, Zhengzhou University, Journal of Hazardous Materials* **145** (2007) 331–335.
- Hsu, L. Y., Teng, H., 2000, Influence of different chemical reagents on the preparation of activated carbons from bituminous coal, *Fuel Processing Technology* **64**, 155–166.
- Santoso, E., dan Juwono, H., 2009, Efek polietilen glikol (PEG) terhadap kapasitas adsorpsi dan tetapan laju Thomas dalam proses adsorpsi ion Cu (II) dari larutan pada komposit selulosa-khitosan terikatsilang dengan menggunakan kolom secara kontinu, Jurusan Kimia FMIPA ITS, Surabaya.

- Simonic, P., Armbruster, T., 2005, Cationic methylene blue incorporated into zeolite mordenite-Na: a single crystal X-ray study, *Microporous and Mesoporous Materials* **81**, 87–95.
- Setyaningsih, H. 1995. Pengolahan Limbah batik dalam Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif. Tesis Program Pascasarjana. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Yustinah, Hartini., 2011., Adsorpsi minyak goreng bekas menggunakan arang aktif dari sabut kelapa, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan, Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Yogyakarta.