

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

OPTIMIZATION OF CONDITION FOR METHYLEN BLUE ADSORPTION USING ACTIVATED COMMERCIAL ZEOLITE

OPTIMASI KONDISI PADA ADSORPSI METHYLEN BLUE MENGUNAKAN ZEOLITE KOMERSIL TERAKTIVASI

Wijayanti Wijayanti^{1*}

¹Department of Plastic and Rubber Processing Technology, Politeknik ATK Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding author : wijayanti3231@gmail.com

Abstract:

Dye is the one of the industrial waste which is not degraded easily in the environment. Methylene blue is a dye that is often used in industries and can be an environmental pollution. Adsorption is used in this research to solve the problem. This study used an activated commercial zeolite. The adsorption conditions were optimized based on adsorbent mass, contact time, and the initial concentration of adsorbate. The results showed that the optimum condition was using 3 grams of adsorbents with contact time of 60 minutes and initial concentration of adsorbate not more than 125 mg/L. This adsorption followed pseudo-second order kinetic model and Freundlich isotherm model.

Keywords: adsorption, *methylene blue*, *commercial zeolite*, *condition optimization*

Intisari:

Salah satu limbah hasil industri adalah limbah pewarna yang tidak mudah terdegradasi di lingkungan. *Methylene Blue* menjadi salah satu zat warna yang kerap digunakan di industri dan berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan. Metode pengolahan limbah yang bisa digunakan adalah adsorpsi. Penelitian ini menggunakan adsorben zeolite komersial yang diaktivasi dengan asam. Kondisi adsorpsi dioptimasi berdasar parameter massa adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi awal adsorbat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum proses adsorpsi adalah menggunakan massa adsorben 3 gram dengan waktu kontak 60 menit dan konsentrasi awal adsorbat tidak lebih dari 125 mg/L. Kinetika adsorpsi yang mengikuti adsorpsi ini adalah orde dua semu dengan model isotherm Freundlich.

Kata Kunci : adsorpsi, *methylene blue*, zeolite komersial, optimasi kondisi

Pendahuluan

Peningkatan teknologi di berbagai lini industri merupakan salah satu upaya mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhannya. Salah satu bentuk peningkatan teknologi adalah

penggunaan zat warna sintetis yang digunakan di industri. Industri yang umum menggunakan zat warna yang cukup besar adalah industri tekstil [2] Penggunaan zat warna sintetis ini dinilai lebih efektif dan ekonomis dibandingkan dengan zat warna alam yang harus melalui berbagai proses panjang meskipun penggunaan zat warna sintetis menimbulkan permasalahan lingkungan berupa terbentuknya limbah zat warna yang sulit terdegradasi, bersifat toksik, dan beberapa zat warna bersifat karsinogenik [1]. Zat warna tekstil yang biasanya digunakan adalah *Methylen Blue* (MB) yang merupakan zat warna kationik penyebab iritasi dan gangguan kesehatan lain seperti muntah serta diare [6].

Penelitian dengan berbagai metode pengolahan limbah telah banyak dilakukan untuk penanganan limbah zat warna, di antaranya adalah koagulasi – flokulasi [9], penukar ion, proses biologi [4], pemisahan membran [7], dan adsorpsi. Setiap metode tersebut memiliki keuntungan dan keterbatasan masing – masing. Salah satu metode yang dianggap cukup efektif, mudah, dan cukup ekonomis adalah adsorpsi. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan di antaranya adalah Wang *et al.* (2006) melakukan adsorpsi *Methylen Blue* menggunakan zeolite alam Australia yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar $7,9 \times 10^{-5}$ mol/g [8]. Ukuran partikel zeolite juga mempengaruhi hasil adsorpsi, yaitu ukuran partikel yang lebih kecil akan meningkatkan kapasitas adsorpsi hingga 32,11 %. Turp *et al.* (2020) mengemukakan bahwa isotherm adsorpsi yang mengikuti adsorpsi MB menggunakan zeolite alam dan artifisial adalah Isotherm Langmuir dengan kinetika reaksi mengikuti *pseudo-second order*.

Zeolite pada dasarnya merupakan salah satu potensi alam yang didapat dengan mudah dan diperdagangkan secara bebas dengan harga yang cukup terjangkau. Salah satu kegunaan zeolite alam adalah sebagai adsorben, namun perlu dilakukan kajian terkait optimasi kondisi yang diperlukan dalam melakukan adsorpsi menggunakan zeolite komersial. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum proses adsorpsi *Methylen Blue* menggunakan zeolite komersial yang diperdagangkan dengan aktivasi asam. Parameter yang dioptimasi adalah pada massa adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi awal adsorbat.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas, ayakan 100 mesh, dan neraca analitik Ohaus, FTIR Perkin Elmer, Furnace, Oven Memmert, dan spektrofotometer UV-Vis Perkin Elmer.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Methylen Blue*, akuades, HCl, dan zeolite alam komersial.

Preparasi Adsorben

Zeolite komersial dihancurkan untuk mendapatkan ukuran 100 mesh. Setelah itu diaktivasi menggunakan HCl 1 N. Zeolite teraktivasi kemudian dinetralkan dan dilakukan pengeringan menggunakan oven.

Penentuan Massa Adsorben Optimum

Zeolite ditimbang dengan variasi massa 1, 2, dan 3 gram kemudian ditambahkan larutan MB 100 mg/L sebanyak 50 mL pada masing – masing massa adsorben. Adsorpsi dilakukan selama

waktu kontak 60 menit. Langkah selanjutnya adalah penyaringan dan analisis filtrat menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Kapasitas adsorpsi dihitung dengan rumus:

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} V \quad (1)$$

q_e = kapasitas adsorpsi (mg/g),
 C_o = konsentrasi awal larutan MB (mg/L),
 C_e = konsentrasi larutan MB setelah proses adsorpsi (mg/L),
 m = massa adsorben (mg),
 V = volume larutan (L).

Massa adsorben optimum adalah massa adsorben dalam proses adsorpsi yang menghasilkan kapasitas adsorpsi paling besar.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Zeolite ditimbang sebanyak massa optimum kemudian ditambahkan larutan MB 100 mg/L sebanyak 50 mL kemudian dilakukan adsorpsi selama 60 menit. Adsorpsi dilakukan kembali dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Kapasitas adsorpsi dihitung dengan rumus sesuai Persamaan 1.

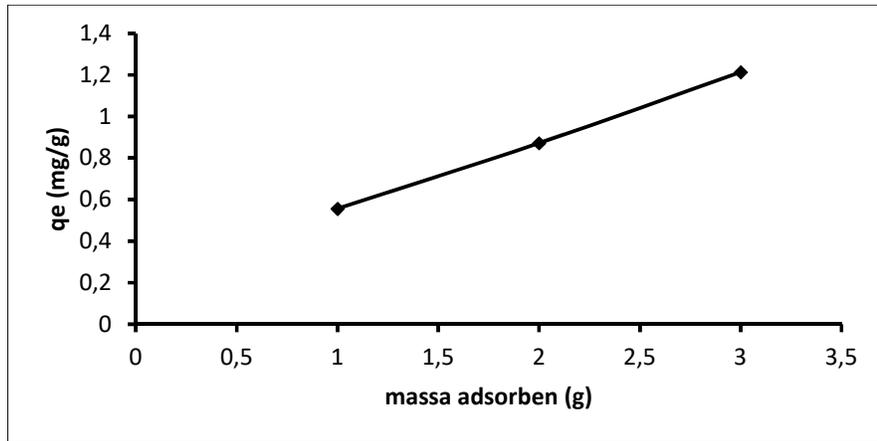
Penentuan Konsentrasi Awal Optimum

Zeolite ditimbang sebanyak massa optimum kemudian ditambahkan larutan MB 100 mg/L sebanyak 50 mL kemudian dilakukan adsorpsi selama waktu kontak optimum. Adsorpsi dilakukan kembali dengan variasi konsentrasi awal 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L, 125 mg/L, dan 150 mg/L. Kapasitas adsorpsi dihitung dengan rumus sesuai Persamaan 1.

Hasil dan Pembahasan

Penentuan Massa Adsorben Optimum

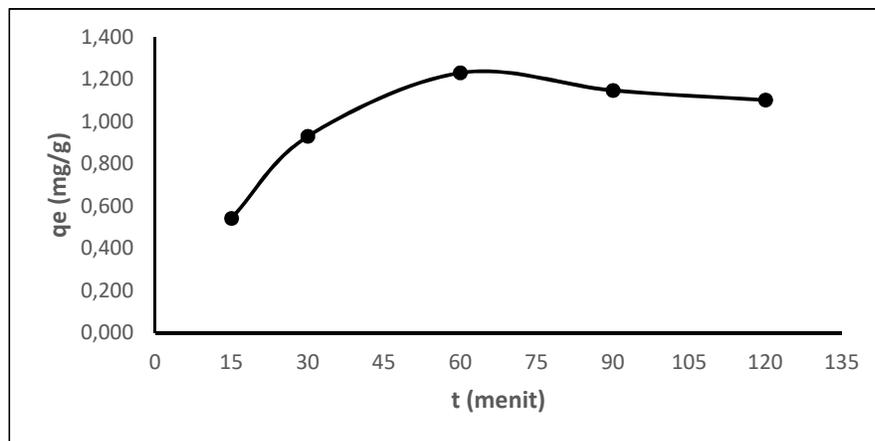
Parameter massa adsorben ditentukan dalam penelitian ini dengan variasi massa yang digunakan adalah 1, 2, dan 3 gram yang ditunjukkan dalam Gambar 1. Gambar 1 di bawah menggambarkan bahwa seiring dengan kenaikan massa adsorben maka kapasitas adsorpsi akan meningkat. Kondisi tersebut dimungkinkan terjadi karena kenaikan massa adsorben menyebabkan bertambahnya jumlah situs aktif untuk proses adsorpsi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini massa adsorben optimum yang digunakan adalah 3 gram.



Gambar 1. Penentuan Massa Adsorben Optimum

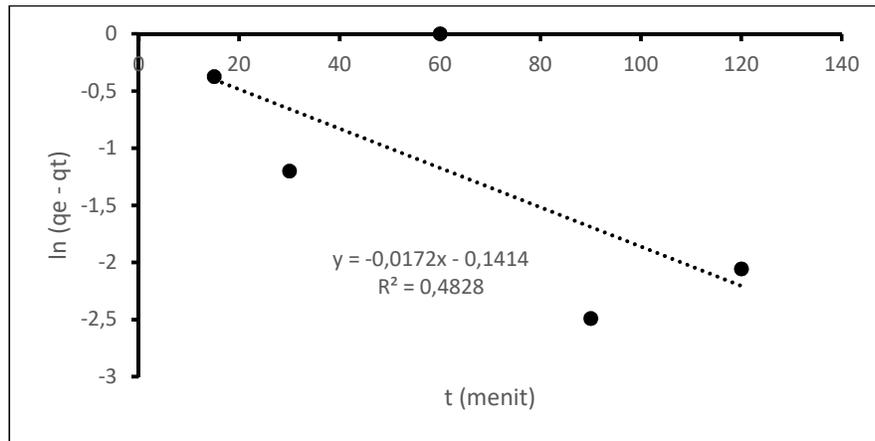
Penentuan Waktu Kontak Optimum

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, diketahui bahwa terjadi kenaikan kapasitas adsorpsi seiring dengan meningkatnya waktu kontak dengan waktu kontak optimum dalam penelitian ini adalah 60 menit. Pada menit ke-90 kapasitas adsorpsi mengalami penurunan hingga pada menit ke-120 dan terjadi kondisi konstan. Ketika awal proses adsorpsi, kapasitas adsorpsi mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini sesuai dengan teori bahwa pada awal proses adsorpsi masih terdapat situs aktif ataupun ruang kosong untuk menjerap adsorbat sehingga seiring bertambahnya waktu kontak, semakin banyak yang terjerap hingga tercapai keadaan setimbang [3]. Adsorpsi ini diindikasikan mengalami penutupan monolayer pada permukaan adsorben dilihat dari kurva adsorpsi yang landai dan memiliki titik jenuh.



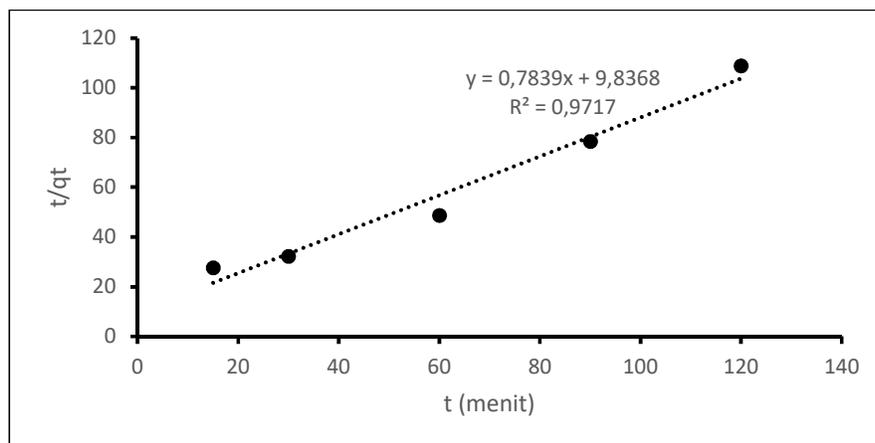
Gambar 2. Penentuan waktu kontak optimum

Koefisien korelasi model kinetika orde dua semu cenderung lebih besar dibandingkan model orde satu semu. Oleh karena itu, dapat diindikasikan bahwa adsorpsi pada penelitian ini mengikuti model kinetika orde dua semu. Hasil ini sejalan dengan penelitian Widiastuti *et al.*, (2022) yang telah melakukan adsorpsi MB dengan zeolite sintetis dari *fly ash* yang juga mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu.



Gambar 3. Kurva Kinetika Orde Satu Semu

Gambar 3 di atas adalah grafik kinetika adsorpsi dengan bentuk orde satu semu yang menghasilkan koefisien korelasi (R^2) 0,4828. Sedangkan Gambar 4 di bawah adalah grafik kinetika adsorpsi dengan bentuk orde dua semu dengan koefisien korelasi (R^2) 0,9717.

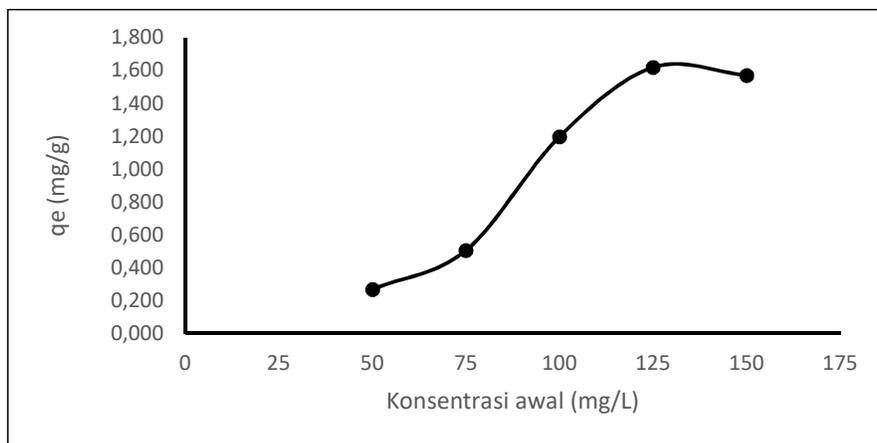


Gambar 4. Kurva Kinetika Orde Dua Semu

Penentuan konsentrasi awal adsorbat

Parameter yang dioptimasi selanjutnya adalah konsentrasi awal adsorbat. Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L, 125 mg/L, dan 150 mg/L. Gambar 5 menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi awal adsorbat sebanding dengan kenaikan kapasitas adsorpsi. Kenaikan kapasitas adsorpsi signifikan terjadi ketika konsentrasi awal adsorbat adalah 50 mg/L hingga 125 mg/L. Hal ini sesuai dengan penelitian Tyagi (2020) yang menyatakan bahwa kenaikan kapasitas adsorpsi di awal proses disebabkan oleh kenaikan konsentrasi adsorbat yang mempercepat proses difusi. Pada konsentrasi awal adsorbat lebih dari 125 mg/L mulai terjadi keadaan setimbang atau bahkan penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini dikarenakan telah terjadi kondisi jenuh dalam sistem adsorpsi.

Proses adsorpsi dalam penelitian ini mengikuti model isoterm *Freundlich*. Mekanisme adsorpsi diindikasikan terjadi secara multilayer dan terjadi interaksi fisika antara adsorben dan adsorbat.



Gambar 4. Penentuan Konsentrasi Awal Adsorbat Optimum

Zeolite yang teraktivasi dengan asam lebih memberikan kapasitas adsorpsi yang besar karena asam dapat melarutkan berbagai pengotor sehingga adsorben memiliki luas permukaan yang lebih besar.

Kesimpulan dan Saran

Kondisi optimum adsorpsi *Methylen Blue* menggunakan zeolite komersial pada penelitian ini terjadi ketika waktu kontak 60 menit dengan massa adsorben 3 gram dan konsentrasi awal adsorbat maksimal 125 mg/L. Saran berikutnya adalah perlunya dilakukan penelitian lanjutan terkait modifikasi zeolite sehingga dapat memiliki fungsi adsorpsi yang lebih optimal.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Politeknik ATK Yogyakarta yang telah memfasilitasi dan mendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Chunfeng, W., Jiansheng, L. I. , W. Lianjun, S. U. N. Xiuyun, dan Huang, J., “Adsorption of dye from wastewater by zeolites synthesized from fly ash: kinetic and equilibrium studies,” *Chinese J. Chem. Eng.*, Vol 17(3), pp.513–521, 2009.
- [2] Derakhshan, Z., Baghapour, M. A., Ranjbar, M., dan Faramarzian, M., “Adsorption of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Modified Pumice Stone: Kinetics and Equilibrium Studies,” *Health Scope*, Vol 2 (3), pp.136 – 144, 2013, DOI:10.17795/jhealthscope-12492.
- [3] Karadag, D., “Modeling the mechanism, equilibrium and kinetics for the adsorption of Acid Orange 8 onto surfactant-modified clinoptilolite: The application of nonlinear regression analysis”, *Dye. Pigment.*, Vol 74(3), pp.659–664, 2007.
- [4] Ledakowicz, S., Solecka, M., dan Zylla, R., “Biodegradation, decolorisation, and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes”, *Journal of Biotech*, Vol 89(2-3), pp.175 – 184, 2001.
- [5] Rahmi, R. Dan Lelifajri, L., “Influence of heat treatment on eggshell particles as low cost adsorbent for methylene blue removal from aqueous solution,” *Rasayan J. Chem.*, Vol 10, pp.634 – 642, 2017, DOI: 10.7324/RJC.2017.1021736
- [6] Rida, K., Bouraoui, S., dan Hadrine, S., “Adsorption of methylene blue from aqueous solution by kaolin and zeolite”, *Applied Clay Sci.*, Vol 83-84, pp.99 – 105, 2013.
- [7] Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., dan Nigam, P., “Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative,” *Bioresour. Technol.*, Vol 77(3), pp.247–255, 2001.
- [8] Wang, S., dan Zhu, Z. H., “Characterisation and environmental application of an Australian natural zeolite for basic dye removal from aqueous solution”, *J. of Hazardous Materials.*, Vol 136(3), pp. 946 – 952, 2006.
- [9] Yang, Zhi., “A novel approach for methylene blue removal by calcium dodecyl sulfate enhanced precipitation and microbial flocculant GA1 flocculation”, *Chem. Eng. J.*, Vol 303, pp.1–13, 2016.