



KAJIAN KOLOM ADSORPSI ZAT WARNA METHYL ORANGE MENGUNAKAN ADSORBEN DARI AMPAS TEH

Novi Sylvia, Syafriandi Damanik, Muhammad, Nasrul ZA

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355
Korespondensi: HP: 08526004672, e-mail: novi.sylvia@unimal.ac.id

Abstrak

Methyl orange merupakan zat warna yang banyak digunakan dalam pewarnaan kain dan berbagai bidang lainnya. Methyl orange merupakan zat warna azo karsinogenik yang dapat terlarut dalam air dan juga zat warna ini juga dimetabolismekan menjadi amina aromatik sehingga bersifat stabil memiliki biodegradabilitas yang rendah sehingga sulit untuk menyisihkannya dari larutan cair dengan metode pemurnian atau pengelolaan air biasa. Metode pemurnian yang dapat dilakukan yaitu dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk membuat adsorben dari limbah ampas teh dengan aktivasi HCl untuk menyerap limbah dari methyl orange dengan menggunakan kolom adsorpsi. Adsorben dari ampas teh dikarakteristikan gugus nya dengan uji FTIR pada sebelum aktivasi, sesudah aktivasi dan setelah adsorpsi. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh konsentrasi zat warna terhadap adsorpsi, mengetahui kesetimbangan adsorpsi Langmuir dan Freundlich serta model kinetika adsorpsi model orde satu semu dan orde dua semu. Hasil penelitian yang didapat yaitu efisiensi penyerapan terbaik sebesar 55,579% dan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 0,54 mg/g yang didapat pada adsorben dengan tinggi unggun 16 cm dan konsentrasi sebesar 30 ppm. Sehingga semakin meningkat massa atau tinggi unggun adsorben maka semakin meningkat efisiensi dan kapasitas penyerapan. Kesetimbangan adsorpsi yang sesuai yaitu isotherm Freundlich dengan nilai koefisien korelasinya (R^2) sebesar 0,997. Untuk model kinetika yang menggambarkan lebih tepat pada model orde dua semu.

Kata kunci: Adsorben, Adsorpsi, Methyl Orange, Ampas Teh

1. Pendahuluan

Methyl orange merupakan zat warna yang banyak digunakan dalam pewarnaan kain dan berbagai bidang lainnya. Gugus azo pada metil orange merupakan zat warna sintesis dan paling reaktif dalam proses pencelupan bahan tekstil (Widjajanti et al., 2011). Methyl orange merupakan zat pewarna azo

karsinogenik yang dapat terlarut dalam air yang banyak digunakan pada industri tekstil, pembuatan kertas cetak, dan laboratorium penelitian. Zat pewarna ini juga dimetabolismekan menjadi amina aromatik dengan mikroorganisme usus. *Methyl orange* bersifat stabil, sehingga memiliki biodegradabilitas yang rendah dan dapat terlarut dalam air sehingga sulit untuk menyisihkannya dari larutan cair dengan metode pemurnian atau pengolahan air biasa (Sejie dan Nadiye- Tabbiruka, 2016).

Pengolahan limbah cair industri tekstil juga telah banyak dilakukan untuk menghilangkan zat warna pada air limbah, seperti proses koagulasi/flokulasi (Butt dkk, 2008), membran tukar kation (Wu dkk, 2008), degradasi elektrokimia (Fan dkk, 2008), *advance oxidation process* (Banarjee dkk, 2007), dan adsorpsi (Allen dkk, 2004). Sampai saat ini, teknik adsorpsi dengan menggunakan berbagai macam adsorben masih merupakan metode yang paling menguntungkan karena efektivitas yang tinggi serta biaya oprasionalnya rendah (Syafalni dkk, 2012).

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain yang terjadi karena adanya ketidakseimbangan gaya tarik pada permukaan zat tersebut (Siaka, 2002). Selain sederhana metode ini dikenal sebagai metode yang murah dan efeksif. Zat yang menyerap disebut adsorben, sedangkan zat yang terjerap disebut adsorbat. Adsorben yang sering digunakan dapat berasal dari limbah pertanian, diantaranya tongkol jagung, gabah padi, gabah kedelai, biji kapas, jerami, ampas tebu, serta kulit kacang tanah (Marshall dan Mitchell, 1996).

Belakangan ini, telah terjadi peningkatan dalam pemanfaatan limbah agrikultur sebagai adsorben zat pewarna. Keuntungan dari menggunakan bahan limbah agrikultur sebagai adsorben adalah penghematan biaya pembuangan sementara mengurangi potensi permasalahan lingkungan. Ulasan kritis mengenai adsorben biaya rendah termasuk limbah agrikultur untuk pengolahan air limbah zat pewarna telah dihadirkan oleh Gupta dan Suhas (2009). Salah satunya adalah ampas teh yang dapat dimanfaatkan menjadi adsorben.

Ada dua metode adsorpsi yaitu metode adsorpsi batch dan metode kolom. Metode kolom merupakan metode alternatif dalam proses adsorpsi. Metode kolom menggunakan adsorben yang dimasukkan ke dalam sebuah kolom dan bahan baku dilewatkan pada kolom dengan laju alir tertentu. Metode kolom dianggap mampu

mengadsorpsi dari dalam larutan. Kolom adsorpsi (*fixed bed adsorber*) adalah cara yang paling umum dan efisien untuk pemurnian limbah. Penelitian terdahulu dengan menggunakan karbon aktif ampas teh yang telah diimpregnasi dengan Potasium Asetat untuk menyisihkan zat pewarna *Acid Blue 25* dengan proses *batch*. Didapatkan hasil yang membuktikan bahwa ampas teh mampu mengadsorpsi zat pewarna *Acid Blue 25* dengan kapasitas adsorpsi sebesar 203,34 mg/g dan penyisihan sebesar 97,88% dengan adsorpsi yang sesuai dengan isotherm Langmuir. (Auta dan Hameed 2011)

Berdasarkan referensi penelitian diatas maka dilakukam penelitian yaitu: Kajian Kolom Adsorpsi Zat Warna *Methyl Orange* menggunakan Adsorben dari Ampas Teh. Dari penelitian ini diharapkan akan diperoleh adsorben alternatif, aman bagi lingkungan dan bernilai ekonomis.

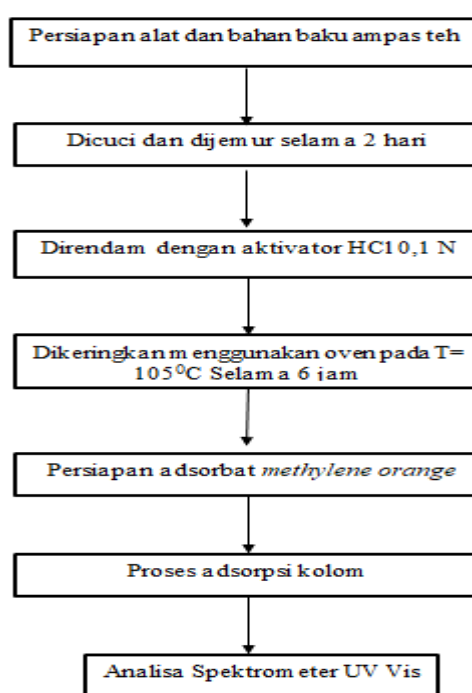
2. Bahan dan Metode

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah ampas teh, aquadest, HCl 0,1 N , Methly orange, kolom adsorpsi lebar 6 cm dan tinggi 50 cm, Oven, beaker glass, botol sampel, neraca analitik, seperangkat alat FTIR dan seperangkat alat spektrofotometer Uv-Vis.

Penelitian ini terdiri dari empat tahap yaitu persiapan bahan baku, persiapan aktivasi adsorben, persiapan adsorbat dan proses adsorpsi. Variasi percobaan dilakukan terhadap konsentrasi 15 ppm, 30 ppm dan terhadap tinggi unggun 8, 12, 16 cm. Adapun yang di uji yaitu persen penyerapan, isotherm adsorpsi dan kinetika adsorpsi orde satu semu dan dua semu.

Pembuatan adsorben dimulai dengan ampas teh yang telah dikumpulkan dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan selama 2 hari. Ampas teh yang telah kering selanjutnya diaktivasi dengan direndam di dalam larutan HCl 0,1 N selama ± 24 jam. Setelah itu disaring dan dibilas dengan aquadest hingga netral dan diekrinngkan di oven pada suhu 105°C selama 6 jam.Lalu disiapkan adsorbat methyl orange dengan konsentrasi 15 dan 30 ppm dengan cara melarutkan serbuk *methylene orange* sebanyak 15 dan 30 mg ke dalam 3000 ml akuades dengan labu ukur 1000 ml. Pada tahap awal adsorben yang telah diaktivasi dengan asam

dimasukan ke dalam kolom adsorpsi dengan variasi tinggi unggun 8, 12 dan 16 cm dengan waktu kontak sebanyak 15,30, 45, 60, dan 90 menit. Kemudian dialirkan dengan *methyl orange* dengan konsentrasi 15 dan 30 ppm yang dialirkan secara *upflow*. Pengambilan sampel larutan keluaran adsorber diambil sesuai dengan waktu kontak. Sampel hasil adsorpsi lalu dianalisis dengan *spectrometer UV-Vis*. Skema penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Rangkaian kolom adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Skema penelitian

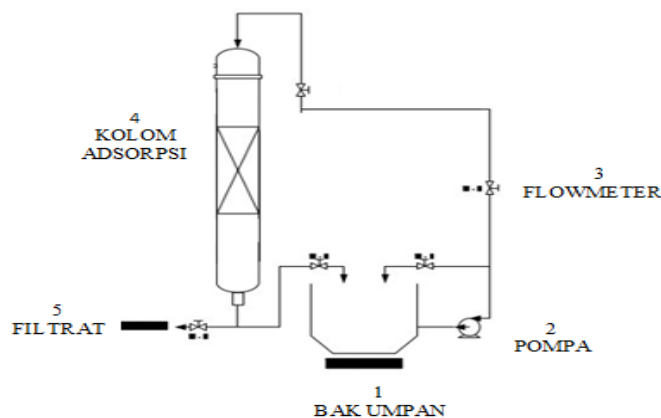
Kapasitas adsorpsi *methylene orange* yang sudah diserap menggunakan persamaan 1

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

Perhitungan persen penyerapan dengan menggunakan persamaan 2

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\% \quad (2)$$

Isoterm adsorpsi kesetimbangan penyisihan zat pewarna *methyl blue* ditentukan untuk mengambakan interaksi antara adsorben dan adsorbat yang terjadi. Data percobaan isotherm adsorpsi dianalisis menggunakan model Langmuir dan Freundlich.

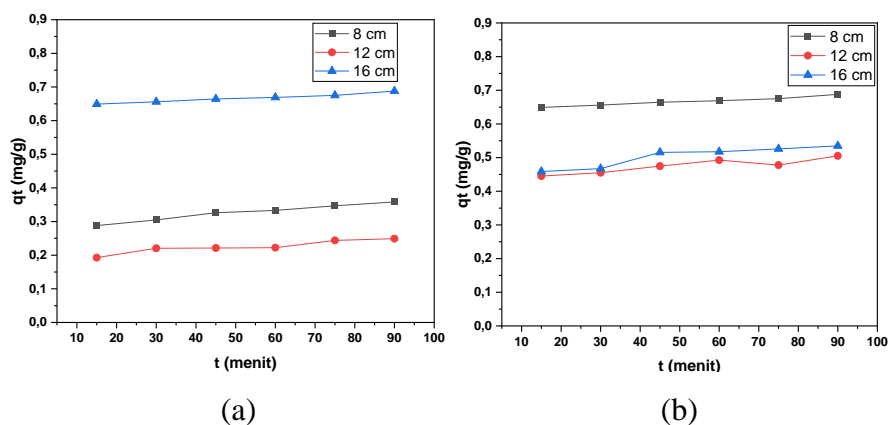


Gambar 2. Rangkaian Kolom Adsorpsi

3. Hasil dan Diskusi

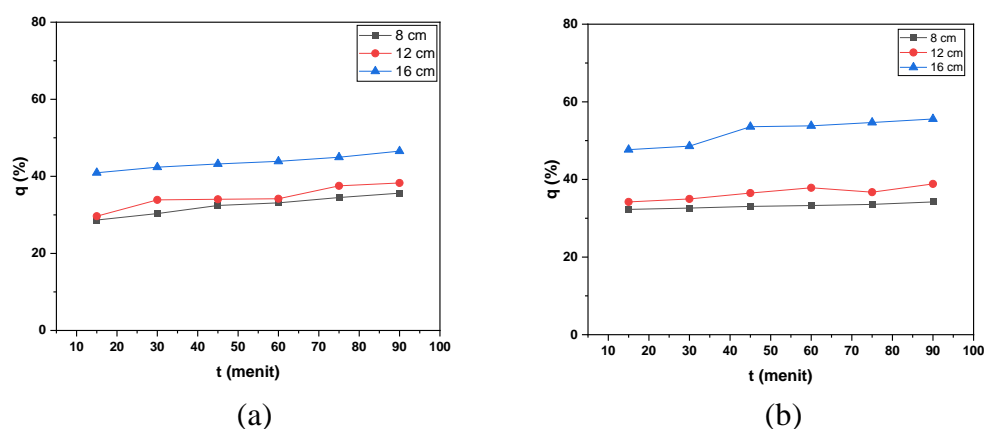
3.1 Efisiensi dan Kapasitas Penyerapan Terhadap Adsorben

Pengaruh waktu kontak, tinggi unggun (massa adsorben) dan konsentrasi berpengaruh terhadap kapasitas dan efisiensi penyerapan. Dari penelitian yang didapat dihasilkan data yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh tinggi unggun (massa adsorben) dan waktu adsorpsi terhadap kapasitas penyerapan pada (a) Konsentrasi awal 15 ppm, (b) Konsentrasi awal 30 ppm

Melalui Gambar 3 dapat dilihat perbedaan penyerapan adsorben terhadap tinggi unggun (massa adsorben) dengan meningkatnya kapasitas adsorpsi pada grafik. Hal ini disebabkan oleh perbedaan massa adsorben yang berpengaruh besar terhadap kapasitas adsorpsi. Hasil analisa pada penelitian ini berdasarkan variasi tinggi unggun (massa adsorben) dari ampas teh menunjukkan bahwa semakin besar massa adsorben yang digunakan, maka semakin besar pula nilai kapasitas penyerapannya limbah metil orange. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya jumlah adsorben ampas teh sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel, luas permukaan adsorben dan efisiensi penyerapan juga meningkat.



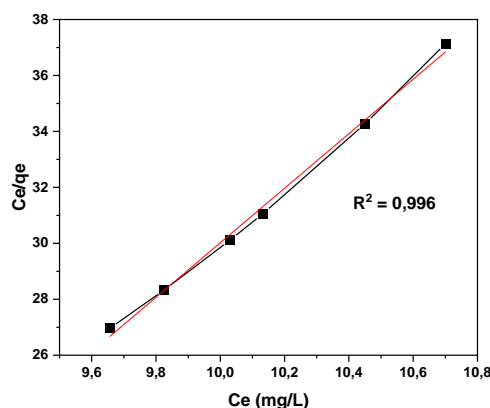
Gambar 4. Pengaruh tinggi unggun (massa adsorben) dan konsentrasi terhadap efisiensi penyerapan pada (a) Konsentrasi awal 15 mg/L, (b) Konsentrasi awal 30 mg/L;

Penyisihan zat warna metil orange terhadap adsorben ampas teh mampu menyisihkan zat warna dengan baik yaitu pada konsentrasi 15 ppm efisiensi terbaik didapatkan pada tinggi unggun 16 cm sebanyak 46%. Untuk konsentrasi 30 ppm efisiensi penyerapan terbaik didapat pada tinggi unggun 16 cm sebanyak 53%. Dengan itu tinggi unggun mempengaruhi efisiensi penyerapan metil orange terhadap adsorben ampas teh. Menurut Barros dkk., (2003) dengan meningkatnya jumlah adsorben, maka ada peningkatan persentase nilai efisiensi adsorpsi dan penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini dikarenakan meningkatnya jumlah adsorben akan meningkatkan jumlah sisi aktif *site* sehingga efisiensi adsorpsi akan

meningkat, namun sisi aktif tersebut akan saling berkompetisi dalam penyerapan adsorbat sehingga akan menyebabkan kapasitas adsorpsi mejadi menurun jika dibandingkan dengan jumlah adsorben yang sedikit. Menurut Selvasembian (2018), peningkatan persen penyisihan dengan peningkatan dosis adsoben disebabkan oleh ketersediaan area permukaan yang lebih luas dan jumlah situs pengikatan lebih tinggi pada adsorben (biosorben).

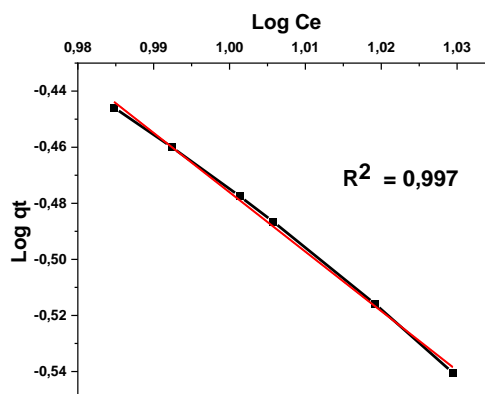
3.2 Isoterm Adsorpsi

Analisa Isoterm Adsorpsi merupakan hubungan kesetimbangan antara jumlah adsorbat yang diserap oleh adsorben sebagai fungsi konsentrasi dan suhu atau kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat dalam fluida dan pada permukaan adsorben pada suhu yang tetap. Model isotherm adsorpsi menyediakan data fisikokimia yang fundamental, digunakan untuk mengevaluasi kelayakan aplikasi penggunaan adsorpsi. Isoterm adsorpsi yang biasa digunakan untuk tipe adsorpsi padat cair adalah isoterm Langmuir dan Freundlich.



Gambar 5. Isotherm Langmuir menggunakan tinggi unggun 8 cm dan 15 ppm

Gambar 5 menunjukkan grafik isotherm Langmuir yang didapat melalui persamaan langmuir dimana persamaan tersebut merupakan persamaan linier dari persamaan Langmuir (Linierisasi Langmuir). Dari hasil perhitungan dari persamaan isotherm Langmuir sehingga didapat nilai koefisien korelasinya (R^2) sebesar 0,996, dan *intersept* (K_L) sebesar 0,00438



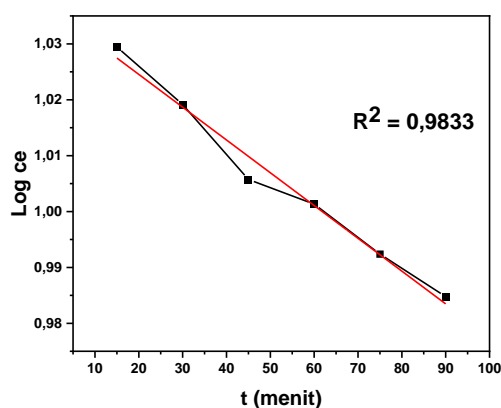
Gambar 6. Isoterm Freundlich menggunakan tinggi unggun 8 cm dan 15 ppm

Gambar 6 merupakan hasil dari linierisasi Isotherm Freundlich yang diperoleh dari persamaan Freundlich. Plot log Ce vs log qe digunakan untuk menghitung slope dan intersept dari grafik agar dapat diperoleh nilai konstanta K_F dan $1/n$. Parameter-parameter dari isotherm Freundlich yang bisa didapat adalah nilai koefisien korelasi (R^2) yang besarnya adalah 0,997, untuk nilai *slope* ($1/n$) dan *intersept* (K_F) bisa diekstrak dari persamaan $y = -2,1183x + 1,6422$, yaitu nilai K_F sebesar 0,2154 L/mg, dan $1/n$ sebesar -0,472. . Dilihat dari nilai koefisien korelasi (R^2) dimana nilai koefisien korelasi (R^2) dari isotherm Freundlich sebesar 0,997 yang mana proses penyerapan cocok dengan model isotherm Freundlich.

3.3 Model Kinetika

Analisa mekanisme kinetika adsorpsi biasanya dilakukan untuk mempelajari laju penyerapan suatu molekul yang ada dalam fluida oleh adsorben dalam suatu jangka waktu tertentu.

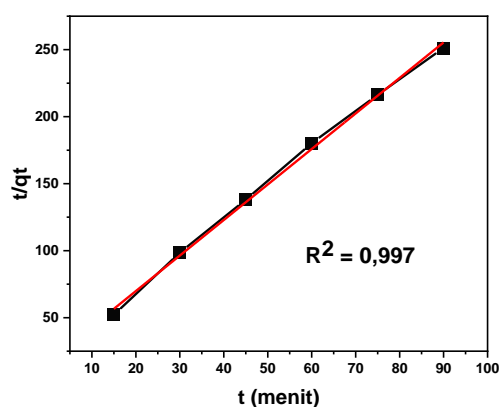
Model kinetika *pseudo first order* yang dikemukakan oleh Lagergren (1898) didasarkan terhadap bertambahnya adsorbat yang teradsorpsi pada padatan sebagai fungsi waktu. Persamaan *pseudo first order* bertumpu pada asumsi bahwa penyerapan hanya terjadi pada *site* lokal dan tidak melibatkan interaksi ion yang diserap dan energi adsorpsi tidak tergantung pada permukaan yang ditutupi (Largitte, 2016).



Gambar 7. Kinetika adsorpsi orde satu semu pada tinggi unggun 8 cm konsentrasi 15 ppm.

Gambar 7 merupakan grafik dari kinetika adsorpsi model orde satu semu yang didapat melalui plot linear antara log ce dengan t (waktu). Dari hasil grafik tersebut didapatkan model orde satu semu yang mana nilai koefisien korelasinya (R^2) sebesar 0,983 dan laju adsorpsi (k_1) adalah $-0,00115 \text{ min}^{-1}$. Model orde satu semu pada adsorben cukup bagus dnegan nilai koefisien korelasinya yang tinggi. Yang mana model orde satu semu mampu menjelaskan penyerapan secara kinetik pada adsorben ampas the tinggi unggun 8 cm pada konsentrasi metil orange 15 ppm.

Model kinetika *pseudo second orde* (orde dua semu) pada penelitian ini dapat dilihat pada grafik pada Gambar 8.

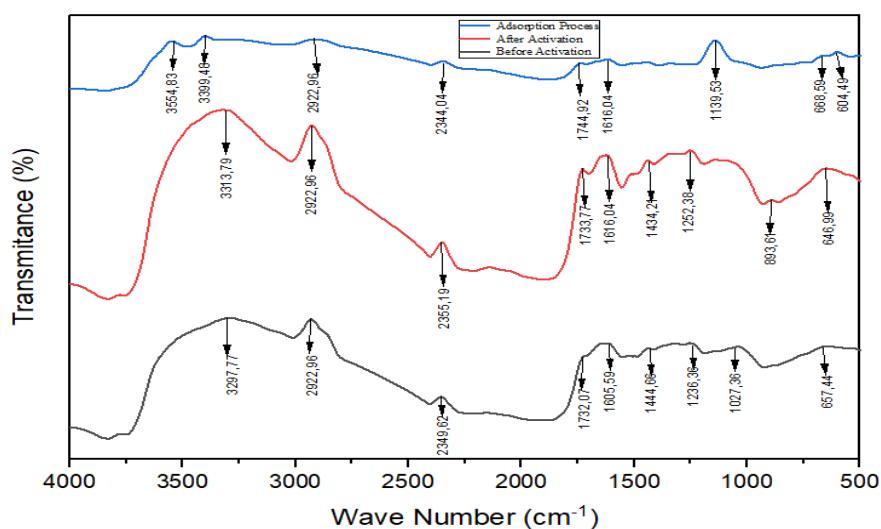


Gambar 8. Kinetika adsorpsi orde dua semu pada tinggi unggun 8 cm konsentrasi 15 ppm.

Dengan membuat plot linier antara t/q_t versus t menghasilkan beberapa persamaan dan nilai koefisien korelasi untuk adsorben. Dari Gambar 8 didapat nilai koefisien korelasinya (R^2) sebesar 0,997, dan laju adsorpsi (k_2) adalah 0,45 g/mg.min. Proses adsorpsi menggunakan adsorben ampas teh dengan tinggi unggun 8 cm dan konsentrasi metil orange sebanyak 15 ppm memenuhi model kinetika Orde Kedua Semu, sehingga proses yang terjadi adalah proses penyerapan dimana pembatas laju diasumsikan adalah *chemisorption*. Pengambilan kesimpulan ini berdasarkan nilai koefisien korelasi (R^2) yang mendekati nilai 1.

Model orde kedua semu lebih cocok digunakan karena nilai koefisiensi korelasi yang lebih tinggi daripada model orde satu semu dan mampu memprediksi dengan baik kinetika adsorpsi pada adsorben. Menurut Riyanti (2016), Nilai k menunjukkan cepat lambatnya proses adsorpsi, semakin besar nilai k , maka semakin cepat pula proses adsorpsi berlangsung. Model orde kedua semu memiliki nilai k yang mendekati 1 sehingga lebih cepat proses adsorpsinya dibandingkan dengan model orde satu semu.

3.4 Hasil Uji FTIR (Fourier Transform Infrared)



Gambar 9. Spektrum FTIR Pada Adsorben Ampas Teh

Berdasarkan analisa hasil FTIR yang didapat untuk adsorben ampas teh sebelum aktivasi, sesudah aktivasi dan proses adsorpsi dapat dilihat pada gambar 9. Adsorben ampas teh sebelum aktivasi dapat dilihat pada panjang gelombang

3297,77 cm^{-1} merupakan dari gugus fungsi OH selanjutnya pada adsorben dengan aktivasi yaitu pada gelombang 3313,79 cm^{-1} disini terjadi peningkatan gelombang disebabkan adanya vibrasi ulur gugus OH yang terhidrasi akibat penambahan gugus HCl sehingga terjadi momen perubahan dipol akibat vibrasi sehingga puncak pada adsorben dengan aktivasi lebih tajam. Pada adsorben setelah adsorpsi dapat dilihat pada gelombang 3554,83 dan 339948 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi OH yang tumpang tindih dikarenakan adanya gugus metil orange yang tersrap. Selanjutnya hasil spectrum pada adsorben sebelum aktivasi dengan gelombang 2349,62 cm^{-1} untuk sebelum aktivasi, 2355,19 cm^{-1} untuk setelah aktivasi yang masing-masing merupakan vibrasi gugus $\text{C}\equiv\text{C}$. Pada bilangan gelombang 657,44 cm^{-1} , 646,99 cm^{-1} dan 668,59 cm^{-1} yang merupakan gugus C-H. Hal ini sesuai hasil karakterisasi FTIR pada ampas teh dapat menghilangkan gugus organik seperti gugus fungsi OH dan C-O dan semakin terlihatnya vibrasi gugus fungsi C-H, C=C dan $\text{C}\equiv\text{C}$ (Rahmadani dan kurniawati, 2017).

Dapat dilihat pada adsorben setelah adsorpsi yaitu pada gelombang 1139,52 cm^{-1} disitu terjadi vibrasi gugus dari metil orange yaitu vibrasi gugus yang mana terbentuknya gugus SO_3Na . Dari data yang didapat pada spektum hasil FTIR yang mana pada sebelum aktivasi dan setelah aktivasi ada perbedaan yang mana setelah aktivasi gelombang sedikit tajam dikarena aktivasi menggunakan hcl dimana dapat dilihat bahwasannya pori dari ampas teh terbuka sedikit. Lalu pada hasil setelah adsorpsi dapat dilihat perbedaan gelombang yang mana dapat diketahui ada kandungan metil orange yang terserap ditandai dengan perbedaan puncak pada panjang gelombang yang mana gugus dari metil orange

4. Simpulan dan Saran

Adapun kesimpulan pada penelitian ini Adsoben ampas teh dengan aktivasi HCl 0,1 N mampu menyerap metil orange dengan baik dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 0,54 mg/g dan efisiensi penyerapan sebesar 53 % yang didapat dengan menggunakan adsorben dengan tinggi unggun 16 cm dan konsentrasi metil orange sebanyak 30 ppm. Mekanisme kesetimbangan adsorpsi menggunakan dua jenis isotherm, yaitu isotherm Langmuir dan Freundlich. Dari

penelitian ini didapatkan bahwa model isotherm Freundlich lebih sesuai dalam menjelaskan kesesuaian antara data eksperimen dengan data yang diperoleh dari model. Hal ini juga dapat dibuktikan bahwa nilai koefisien korelasinya (R^2) yang diperoleh juga lebih tinggi untuk Freundlich daripada Langmuir, yaitu 0.997. Pemodelan kinetika adsorpsi pada penyerapan metil orange menggunakan ampas teh yang lebih baik menjelaskannya adalah model orde dua semu dengan nilai koefisien korelasinya (R^2) sebesar 0,997. Ini berarti bahwa laju adsorpsi yang terjadi dibatasi oleh *chemisorption*.

Adapun saran pada penelitian ini untuk dapat bervariasi aktivasi adsorben dengan aktivator atau konsentrasi yang berbeda, untuk penelitian selanjutnya mencoba pengujian adsorpsi dengan menggunakan limbah lain seperti metil biru atau yang lain dan untuk penelitian selanjutnya dapat menjadikan ampas teh sebagai karbon aktif.

5. Daftar Pustaka

1. Ajisaka. 2012. *Teh Dahsyat Khasiatnya*. Surabaya: Stomata
2. Allen, S. J., Mckay, G., dan Porter, J. F., 2004. Adsorption Isotherm Models for Basic Dye Adsorption by Peat in Single and Binary Component Systems. *Journal of Colloid and Interface Science*. **280**, 322-333
3. Auta, M. dan B. H. Hameed. 2011. *Preparation of Waste Tea Activated Carbon Using Potassium Acetate as An Activating Agent for Adsorption of Acid Blue 25 Dye*. Chemical Engineering Journal Vol. 171 Hal. 502 – 509.
4. Bhatnagar, A., William H., Marcia M., dan Mika S. 2013. *An Overview of The Modification Methods of Activated Carbon of Water Treatment Applications*. Chemical Engineering Journal Vol. 219, Hal. 499-511.
5. Butt, M. T., Arif, F., Shafique, T., dan Imtiaz, N., 2005. Spectrophotometric Estimation of Colour in Textile Dyeing Wastewater. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, **27**, 627-630. Metsuoka, H., S. Fukui, T. Kato (2002), On the appearance of molecular effects in different tribological systems, *Euchem*, 4.
6. Cheah, W., Soraya H., Moonis A. K., T. G. Chuah, dan Thomas S. Y. C. 2012. *Acid Modified Carbon Coated Monolith for Methyl Orange Adsorption*. Chemical Engineering Journal Vol. 215-216, Hal. 747-754..

7. Do, D.D. 2008, *Adsorption Analysis : Equilibria and Kinetics*. Imperial Collage Press, London, England.
8. Endang Palupi. (2006). *Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO₂*. Skripsi. Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
9. Giyatmi. 2008. *Penurunan Kadar Cu, Cr Dan Ag Dalam Limbah Cair Industri Perak Di Kota Agede Setelah Diadsorpsi Dengan Tanah Liat Dari Daerah Godean*. Jurnal seminar Nasional IV. Yogyakarta.
10. Gupta, V, K., Suhas., I. Tyagi., S. Agwal., R. Singh., M. Chaudhary., A, Harit dan S, Kushwaha, 2016. *Column Opration Studies for Removal of Dyes and Phenols Using a Low Cost Adsorbent*. J. Environ, Sci, Manage.
11. Hammed, B. H., Mahmoud, D, K., & Ahmad, A, L. (2008). *Equilibrium Modeling and Kinetic Studies on the Adsorption of Basic Dye By a Low Costadsorbent : Coconut (Cococ Nucifera) Bunch Waste*. Journal of Hazardous Materials, 158(1), 65-72
12. Khairunisa, R. 2008. *Kombinasi Teknik Elektrolisis dan Teknik Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif Untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Fenol Dalam Air*. Skripsi Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Jakarta.
13. Madrakian, T., Abbas A., dan Mazaher A. 2012. *Adsorption and Kinetic Studies of Seven Different Organic Dyes onto Magnetite Nanoparticles Loaded Tea Waste and Removal of Them from Wastewater Samples*. Spechtrichimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy Vol . 99, Hal. 102-109.
14. Ranita, dkk., (2017), *Pembuatan Biosorben Dari Biji Pepaya (Carica Pepaya L) Untuk Penyerapan Zat Warna*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol, 6 No,2. Juni 2017.
15. Retnowati, 2005. *Efektivitas Penggunaan Ampas Teh sebagai Adsorben Alternatif Limbah Cair Industri Tekstil*. Skripsi. Departemen Kimia Insitut Pertanian Bogor.
16. Riwayanti, et al. *Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Abu Alang-Alang (Imerata Cylendrica) Teraktivitas Asam Sulfat*. Inovasi Teknik Kimia, Vol. 4, No. 2, Oktober 2019, Hal 6-11, Semarang.
17. Saragih, S. A. 2008. *Pembuatan dan Karekterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau sebagai Adsorben*. Tesis. Jakarta: Program Pascasarjana, Universitas Indonesia.

18. Setiaka, Juniawan., Ita Ulfin., Nurul Widiastuti, Ph.D. 2011. *Adsorpsi Ion Logam Cu (II) dalam Larutan Pada Abu Dasar Batubara Menggunakan Metode Kolom*, Institut Teknologi Sepuluh November.
19. Siaka M., Sukadana I.M., Rahayu K.S., 2002. Arang Kulit Kacang Tanah sebagai Adsorben Alternatif untuk Adsorpsi Larutan Nitrat. *Skripsi*. 5, 67-73
20. Widjajanti, E., Regina T. P., dan M. Pranjoto U. 2011. *Pola Adsorpsi Zeolit terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga*. *Jurnal Penelitian*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA 14 Mei 2011. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta