



## ADSORPSI ZAT WARNA *METHYLENE BLUE* MENGGUNAKAN ADSORBEN DARI AMPAS TEH PADA KOLOM

Nur Asiah, Novi Sylvia\*, Syamsul Bahri

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355  
Korespondensi: HP: 085260046742, e-mail: novisyylvia@unimal.ac.id

### Abstrak

*Methylene blue* (MB) merupakan zat pewarna yang umum digunakan pada industri tekstil dan senyawa ini memiliki gugus benzene sehingga sulit untuk terurai secara alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tinggi unggun yang digunakan pada penyisihan *methylene blue* menggunakan ampas teh. Parameter operasi yang efektif seperti konsentrasi adsorbat, tinggi unggun dan waktu kontak pada adsorpsi telah diselidiki. Data model kinetik dianalisa menggunakan model orde pertama semu, orde kedua semu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi yang terbaik untuk waktu operasi adsorben yang digunakan dengan konsentrasi adsorbat 15 mg/L pada tinggi unggun 8, 12 dan 16 cm berturut-turut yaitu 60 menit, 60 menit dan 75 menit dengan efisiensi penyerapan sebesar 98.4793%, 99.3441% dan 99.4883%. Mekanisme kesetimbangan adsorpsi dipelajari dengan menggunakan dua jenis isoterhm, yaitu isotherm *Langmuir* dan *Freundlich*. Fenomena dari adsorpsi MB ke ampas teh didapatkan bahwa model *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* dari pada *Langmuir*, yaitu 0.9764.

*Kata kunci:* Adsorben, Adsorpsi, Ampas teh, Kosentrasi dan *Methylene blue*.

### 1. Pendahuluan

Industri kimia berkembang pesat seiring dengan penambahan jumlah penduduk dunia. Industri yang menggunakan bahan pewarna sintetik dalam proses pembuatan produknya juga semakin meningkat. Industri yang menggunakan bahan pewarna sintetik antara lain kertas, obat-obatan, makanan, kulit, kosmetik, percetakan dan karet. Pewarna sintetik mengandung senyawa dengan struktur molekul yang bersifat aromatik kompleks, sehingga sulit untuk terurai secara alami ketika dibuang ke lingkungan (Kumar dkk., 2011).

Bahan pewarna dalam limbah akan menimbulkan masalah lingkungan. Limbah dengan warna yang pekat dan tingkat *chemical oxygen demand* (COD) yang tinggi akan meracuni kehidupan dalam perairan karena sifat molekulnya senyawa di dalamnya yang dapat mengikat ion logam (Sharma dkk., 2009). Beberapa jenis pewarna sintetik yang dipergunakan dalam industri bersifat stabil, tidak mengalami oksidasi dan tidak terpengaruh oleh cahaya serta tahan terhadap proses peruraian aerobik (Mohan dkk., 2002). Salah satu senyawa yang banyak dipergunakan dalam industri pewarnaan kain, kulit dan percetakan adalah methylen blue (Wang dkk, 2008).

*Methylene blue* merupakan salah satu senyawa pewarna yang larut di dalam air, bersifat kationik dan sering dipergunakan dalam bidang kimia, biologi, ilmu pengobatan dan industri pewarnaan. Pewarna ini tidak terlalu beracun bagi manusia, tetapi dapat menyebabkan iritasi mata, iritasi kulit, efek sistematis termasuk perubahan darah. Selain itu paparan senyawa ini pada tingkat tertentu dapat menyebabkan muntah, mual, diare, pusing, keringat berlebih dan radang pencernaan (Sen dkk, 2011; Tsai dkk, 2009).

Berbagai cara dipergunakan untuk mengolah limbah dengan kandungan zat pewarna sintetik, diantaranya dengan metode biologi, fisika dan kimia yang meliputi proses adsorpsi, biosorpsi, koagulasi atau flokulasi, oksidasi lanjut, ozonisasi, filtrasi membran dan ekstraksi cair cair. Kelebihan dan kekurangan masing-masing metode telah banyak dibahas (Salleh dkk, 2011). Khususnya adsorpsi merupakan salah satu metode fisika yang banyak dipergunakan untuk mengolah limbah dengan kandungan zat pewarna karena mempunyai sifat mudah dipergunakan, efisien dan rendah kebutuhan energi, serta dapat mempergunakan berbagai bahan jenis adsorben (Teng et al., 2012).

Ampas teh mengandung protein kasar 27,42% (persen dalam berat kering). Protein kasar ini kaya akan selulosa dengan kadar cukup tinggi, yaitu sekitar 33,54% dari berat keringnya. Selulosa ini memberikan sifat poli elektrolit yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben terhadap zat warna basa yang biasanya digunakan sebagai pupuk, pakan ternak, bahan kosmetik alami, dan adsorben oleh masyarakat, karena bahannya yang murah, mudah didapat, dan ramah lingkungan

(Jasmin dkk, 2012). Limbah ampas teh dapat diklarifikasikan sebagai adsorben karbon. Sifat fisik yang dimiliki ampas teh ini seperti kapasitas permukaan yang luas dan kinetika adsorbsinya yang cepat membuat limbah ampas teh cocok digunakan sebagai adsorben ramah lingkungan dengan modal minim dan ketersediaan bahan baku yang mudah didapat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Jasmin dkk , 2012 limbah ampas teh mampu menghilangkan kandungan logam berat seperti Zn, Ni, Fe, dan Cu. Kandungan dalam ampas teh yang berperan penting dalam menurunkan kadar logam tersebut tidak lain ialah selulosa. Penerapan inovasi limbah ampas teh sebagai adsorben ini juga diharapkan dapat menjadi alternatif bahan dasar dalam penelitian ini nantinya.

## 2. Bahan dan Metode

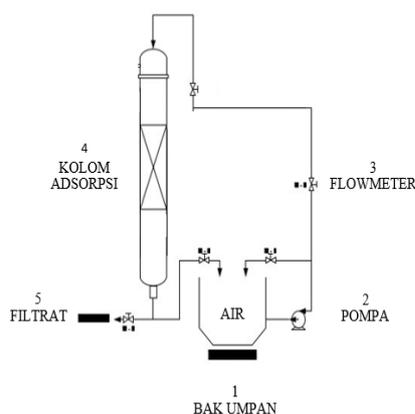
Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah *beaker glass*, botol sampel, batang pengaduk, *colum* adsorpsi, neraca analitik, oven, *stopwatch*, ampas teh, *aquadest*, larutan HCl 0,1 N dan *methylene blue*.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu persiapan bahan baku (termasuk aktivasi adsorben), persiapan adsorbat dan proses adsorpsi kolom. Sampel ampas teh didapatkan dari kedai kopi di kota Lhokseumawe, lalu ampas teh tersebut dicuci dengan air mengalir hingga filtratnya menjadi bening. Selanjutnya ampas teh direndam menggunakan air dengan temperatur 100°C selama  $\pm 20$  menit. Selanjutnya setelah waktu tercapai dilakukan proses penyaringan. Kemudian ampas teh yang sudah disaring dikeringkan di bawah panas matahari selama 2 hari hingga kering.

Ampas teh yang telah kering selanjutnya di aktivasi dengan cara 250 gram ampas teh dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1000 ml lalu ditambahkan dengan larutan HCl 0,1 N sebanyak 1000 ml sampai ampas teh terendam seluruhnya selama  $\pm 24$  jam. Setelah itu ampas teh hasil rendaman disaring dan dibilas dengan *aquadest* hingga netral. Kemudian ampas teh dikeringkan kedalam oven pada suhu 105°C sampai ampas teh konstan.

Pada proses persiapan adsorbat ini menggunakan *methyl blue* dengan konsentrasi 15 dan 30 ppm. Pembuatan larutan *methyl blue* dengan cara melarutkan serbuk *methylene blue* sebanyak 15 dan 30 mg ke dalam 1000 ml aquades dengan labu ukur 1000 ml.

Proses adsorpsi menggunakan kolom dengan diameter 6 cm dengan tinggi 50 cm terbuat dari pipa acrylic. Pada tahap awal adsorben yang telah diaktivasi dengan asam dimasukkan ke dalam kolom adsorpsi dengan variasi tinggi unggun 8, 12 dan 116 cm dengan waktu kontak sebanyak 15; 30 ; 45 ; 60 ; 75 ; 90 dan 120 menit. Kemudian dialirkan dengan *methyl blue* dengan konsentrasi 15 dan 30 ppm yang dialirkan secara *downflow*. Pengambilan sampel larutan keluaran dari kolom adsorpsi diambil sesuai dengan waktu kontak. Sampel hasil adsorpsi lalu dianalisis dengan *spectrometer UV-Vis* dan FTIR.



**Gambar 1.** Rangkaian Alat Adsorpsi

### 3. Hasil dan Pembahasan

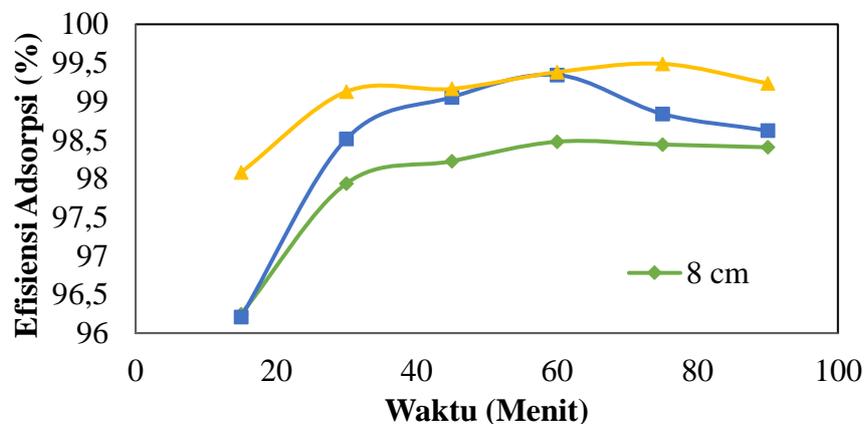
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Fakultas Teknik pada Bulan Januari-Februari menggunakan metode analisis kimia kuantitatif. Penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu adsorpsi *metylene blue* (MB) dengan sistem kajian kinetik dan adsorpsi *Metylene Blue* dengan sistem kajian dinamik.

Hasil penelitian yang akan di analisa yaitu konsentrasi *Metylene Blue* awal dan konsentrasi *Metylene Blue* setelah adsorpsi, efesinsi penyerapan, kapasitas penyerapan, mengkaji Adsorpsi *Equilibrium* dan kinetika adsorpsi dengan

menggunakan beberapa model adsorpsi. *Metylene Blue* dengan sistem dinamik menggunakan kolom adsorpsi.

### 3.1 Efisiensi Adsorpsi

Efisiensi adsorpsi adalah kemampuan adsorben dalam menyerap *methyl Blue* (MB). Tujuan dari uji daya serap limbah ampas teh terhadap MB adalah untuk mengetahui kemampuan atau kapasitas ampas teh dalam mengadsorpsi larutan berwarna atau MB. Pada penelitian ini memvariasikan tinggi unggun ampas teh sebesar 8, 12 dan 16 cm dan juga beroperasi secara kontinyu dengan pengambilan sampel pada waktu 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Selanjutnya sampel yang dihasilkan di analisa menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi yang dihasilkan dari setiap sampel tersebut. Pengaruh waktu kontak pada adsorpsi MB oleh adsorben yang massanya berbeda dilukiskan pada Gambar. 3.1. Kurva hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi penyerapan:



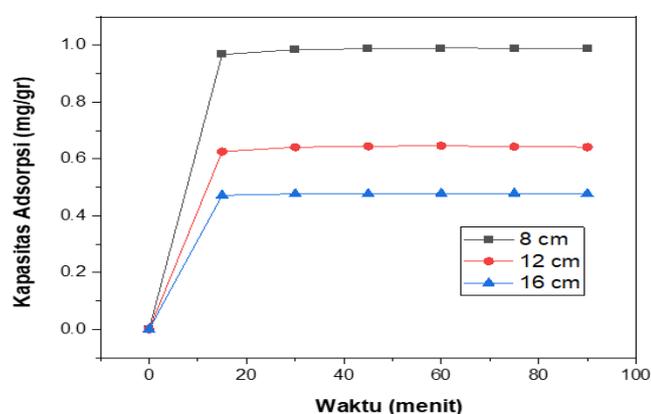
**Gambar 3.1** Kurva hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi penyerapan

Dapat kita lihat pada gambar 3.1 kurva hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi adsorpsi, Dimana semakin besar massa ampas teh efisiensi adsorpsi semakin besar pada waktu yang sama. Semakin lama waktu operasi maka efisiensi adsorpsi semakin besar, namun ampas *teh* juga memiliki waktu kontak maksimal akan mengalami kejenuhan yang mengakibatkan *methylene blue*

yang telah diserap oleh ampas *teh* larut kembali. Dapat dilihat pada grafik 3.1 dimana pada waktu tertentu efisiensi adsorpsi mengalami penurunan.

### 3.2 Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi menyatakan banyaknya adsorbat yang mampu terakumulasi pada permukaan adsorben. Kapasitas adsorpsi yang maksimum dapat diperoleh setelah dilakukan uji parameter yang mempengaruhi adsorpsi (Kurniawan 2010). Adapun hasil uji kapasitas dapat dilihat pada gambar 3.2.



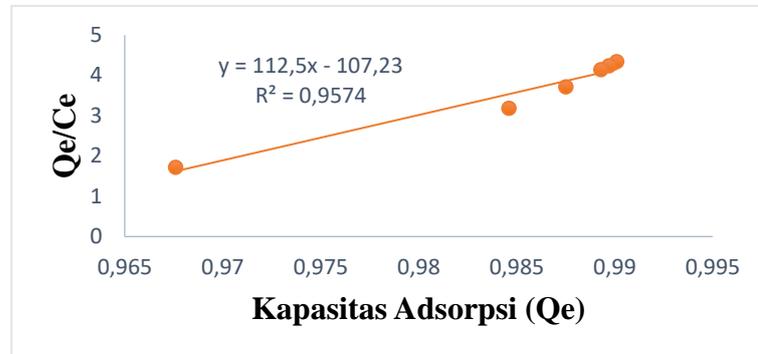
**Gambar 3.2** Kurva Hubungan antara Kapasitas Adsorpsi terhadap Waktu Operasi

Berdasarkan Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa hasil analisa pada penelitian ini berdasarkan variasi konsentrasi MB, massa ampas *teh* dan waktu operasi menunjukkan bahwa semakin besar waktu operasi yang digunakan, maka semakin besar pula nilai kapasitas penyerapannya terhadap MB. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya waktu operasi maka persentuhan antar adsorben dengan MB semakin lama yang mengakibatkan MB yang terserap semakin besar. Begitu pula pada massa adsorben semakin besar ampas *teh* maka semakin besar pula kapasitas adsorpsi terhadap MB.

### 3.3 Isoterm Adsorpsi

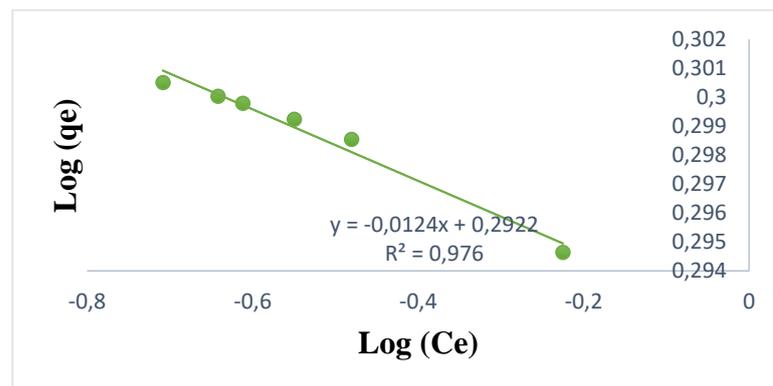
Isoterm adsorpsi adalah proses adsorpsi yang berlangsung pada temperatur tetap. Model isoterm adsorpsi yang paling umum dan paling banyak digunakan dalam adsorpsi adalah model isoterm *Langmuir* dan *Freundlich*

(Ummul, 2019). Terjadinya isotehrm *Langmuir* atau *freundlich* dapat dilihat dari nilai korelasi ( $R^2$ ) yang dihasilkan. Berikut adalah kurva Isotehrm adsorpsi :



**Gambar 3.3** Kurva Isotehrm *Langmuir* 15 ppm

Gambar 3.3 merupakan kurva pola Isotehrm *Langmuir* dilakukan dengan cara membuat hubungan antara  $q_e/C_e$  terhadap  $q_e$ , hasil plot kurva dari data-data yang diperoleh hasil perhitungan didapatkan nilai korelasi ( $R^2$ ) adalah 0,9574.



**Gambar 3.4** Kurva Isotehrm *Freunlich*

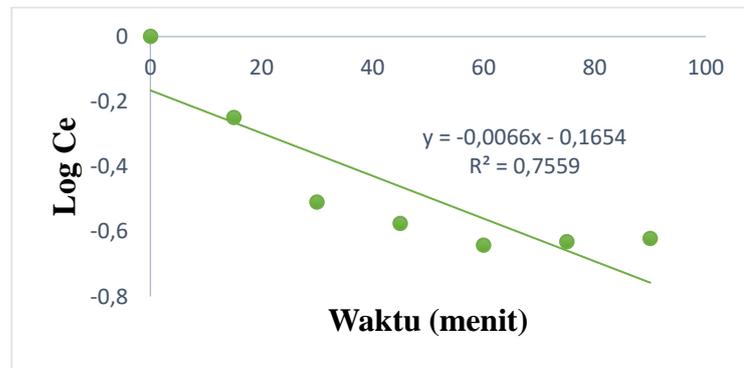
Gambar 3.4 merupakan kurva isotehrm *Freunlich* yang dilakukan dengan cara membuat hubungan antara Log  $Q_e$  terhadap Log  $C_e$ , hasil plot kurva dari data-data yang diperoleh dari hasil perhitungan maka didapatkan nilai korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0.9764.

Dari gambar 3.3 dan 3.4 dapat dilihat bahwa pengujian persamaan *Langmuir* dan *Freunlich* memiliki linerisasi yang berbeda. Berdasarkan nilai linear tersebut dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi kolom pada ampas teh mengikuti Model Isotehrm *Freunlich*. Hal ini dibuktikan dengan grafik linerisasi yang baik dan mempunyai nilai korelasi ( $R^2$ ) yang mendekati 1.

### 3.4 Kinetika Adsorpsi

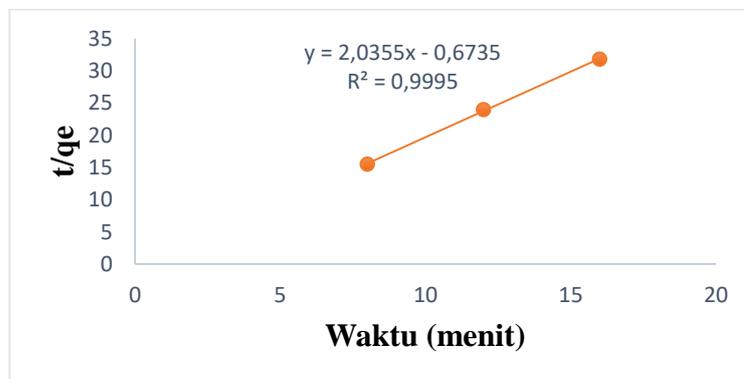
Studi kinetika merupakan faktor bergantung waktu untuk menentukan waktu kestimbangan terhadap adsorben spesifik, yang akan membantu dalam proses desain pengolahan air limbah industri (Islam *et al*, 2015). Proses kinetika ini bertujuan untuk melihat laju proses adsorpsi yang dilakukan oleh adsorben terhadap adsorbat, serta melihat kecocokan antara data eksperimen dengan nilai korelasi model. Untuk pengujian kesesuaian data dilakukan dengan menggunakan beberapa model kinetika, diantaranya adalah

1. *Pseudo First Orde Model (PFO)*
2. *Pseudo Second Orde Model (PSO)*



**Gambar 3.5** Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Pertama Semu

Pada model kinetika Orde Pertama Semu dibuat plot linear antara log Ce versus t (waktu). Dari grafik diatas didapatkan persamaan  $y = -0,0066x - 0,1654$ . Berdasarkan persamaan Orde Pertama Semu didapatkan nilai koefisien kolerasi ( $R^2$ ) adalah sebesar 0,7559 dan untuk laju adsorpsi ( $k_1$ ) adalah -0,0152.



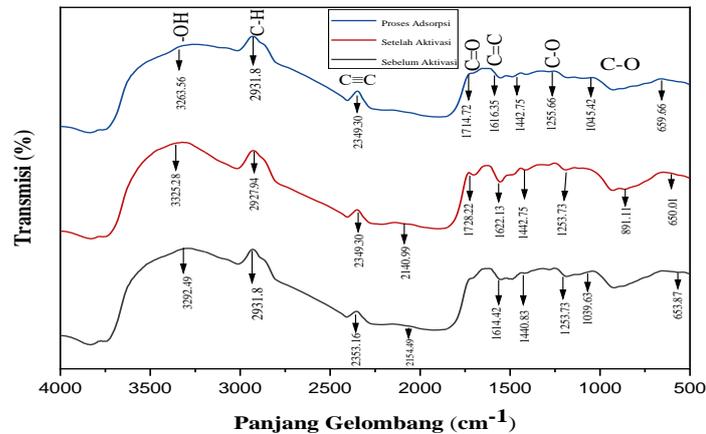
**Gambar 3.6** Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Kedua Semu

Analisa kinetika adsorpsi menggunakan model Kinetika Orde Kedua Semu dilakukan dengan membuat plot linear antara  $t/q_e$  versus tinggi unggun menghasilkan beberapa persamaan dan memiliki nilai koefisien kolerasi untuk masing-masing. Adapun hasil dari grafik diatas yaitu didapatkan persamaan  $y = 2,0355x - 0,6735$ . Berdasarkan persamaan Orde Kedua Semu didapatkan nilai koefisien kolerasi ( $R^2$ ) adalah sebesar 0,9995 dan untuk laju adsorpsi ( $k_2$ ) adalah - 6.1518.

Hasil analisa yang dilakukan terhadap data diatas, dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben ampas teh 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 kolerasi ( $R^2$ ) yang mendekati nilai 1. Ho dan Mckay (1999) menyatakan bahwa model Kinetika Orde Kedua Semu memperkirakan perilaku adsorpsi selama seluruh waktu berlangsungnya proses adsorpsi.

### **3.5 Karakteristik Menggunakan FT-IR**

Sampel adsorben ampas teh sebelum di aktivasi kimia menggunakan HCl, sesudah di aktivasi menggunakan HCl dan sesudah proses adsorpsi di analisa menggunakan metode FT-IR. Analisa FT-IR bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang ada dalam adsorben (Astari dan Utami, 2018). Dimana dilakukan pengujian gugus fungsi secara kualitatif dengan menginterpretasikan puncak-puncak serapan dari spektrum infra merah. Spektrum yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3.7.



**Gambar 3.7** Spektrum FT-IR Pada Adsorben Ampas Teh

Hasil identifikasi dengan spektrofotometer inframerah ini menunjukkan bahwa adsorben ampas teh yang teraktivasi dengan aktivator HCl mengandung gugus fungsi O-H, C-H, C=C, C-O, C≡C. Adanya ikatan OH dan CO menunjukkan bahwa adsorben yang teraktivasi yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar. Dengan demikian ampas teh sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben karena karakter gugus fungsinya dan keberadaannya dalam yang sangat mudah ditemukan. Gugus fungsi adsorben setelah diaktivasi kimia menunjukkan pori-pori serap yang lebih lebar dibanding adsorben yang diaktivasi secara fisika saja, dan adsorben setelah adsorpsi memiliki gugus fungsi yang lebih besar hal ini menunjukkan banyaknya partikel-partikel dari *methylene blue* yang terserap. Hal ini menunjukkan aktivasi kimia memperbesar pori-pori pada penyerapan adsorben serta proses adsorpsi berlangsung dengan cukup baik pula.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan data dan hasil yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan yaitu semakin meningkatnya konsentrasi awal *methylene blue* yang digunakan maka semakin besar pula efisiensi penyerapannya. Semakin besar massa adsorben yang digunakan, maka semakin besar pula nilai efisiensi dan kapasitas penyerapannya terhadap MB. Berdasarkan kondisi yang terbaik untuk waktu operasi adsorben yang digunakan dengan konsentrasi adsorbat 15 mg/L pada tinggi unggun 8, 12 dan 16 cm berturut-turut yaitu 60 menit, 60 menit dan 75

menit dengan efisiensi penyerapan sebesar 98.4793%, 99.3441% dan 99.4883%. Mekanisme kesetimbangan adsorpsi menggunakan jenis *isotherm* Freundlich. Hal ini dikarenakan nilai korelasinya ( $R^2$ ) yang diperoleh mendekati 1 yaitu 0.9764. Hasil identifikasi dengan spektrofotometer inframerah menunjukkan bahwa adsorben ampas teh yang teraktivasi dengan aktivator HCl mengandung gugus fungsi O-H, C-H, C=C, C-O, C≡C.

Penulis menyarankan beberapa hal untuk menyempurnakan penelitian yang telah dilakukan ini. Diharapkan kepada peneliti selanjutnya untuk bervariasi laju alir dan konsentrasi *methylene blue* yang berbeda. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya mencoba dengan adsorbat yang berbeda

## 5. Daftar Pustaka

- Ho, Y.S., dan G. McKay. 1999. Pseudo-Second Order Model for Sorption Processes. *Process Biochemistry* Vol. 34 No. 5, Hal. 451 – 465.
- Islam, M. A., A. Benhouria, M. Asif, dan B. H. Hameed. 2015. Methylene Blue Adsorption on Factory-Rejected Tea Activated Carbon Prepared by Conjunction of Hydrothermal Carbonization and Sodium Hydroxide Activation Process. *Journal of The Taiwan Institute of Chemical Engineers* Vol. 52, Hal. 57-64.
- Mohan, D., Singh, K.P Singh, G., & Kumar, K (2002). *Removal of Dyes From Wastewater Using Fly Ash, A Low-Cost Adsorbent*. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 41(15),3688-3695,doi 10. 1021/le010667.
- Sen, T, k., Afoza, S., & Ang, H. (2011). *Equilibrium, Kinetics and Mechanism Of Removal Of Methylene Blue From aqueous Solution By Adsorption Onto Pine Cone Biomass Of Pinus Radiata*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 218 (1-4), 499-515.
- Sharma, Y, C., Uma, & Upadyay, S.N, (2009). *Removal Of Cationic Dye From Wastewater By Adsorption On Activated Carbon Developed From Coconut Coir*. *Energy & Fuels*, 23 2983-2988, doi : 10. 1021/ef9001132.
- Teng, T. T., & Low, L. W. (2012). *Removal of Dyes and Pigments From Industrial Effluents*. In S. K. Sharma & R. Sanghi (Eds).
- Tsai, W, T., Hsein, K.J., & Hsu, H. C (2009). *Adsorption Of Organic Compounds From Aqueous Solution onto the Synthesized Zeolite*. *Journal of Hazardous Materials*, 166, 635-641.
- Wang, X, S., Zhou, Y., Jiang, Y., & Sun, C, (2008). *The Removal of Basic Dyes From Aqueous Solutions Using Agricultural By Products*. *Journal of Hazardous Materials*, 157 (2-3), 374-385, doi : 10. 1016/j. Hazmat. 2008.01.004.