

Pengaruh Variasi Waktu Kontak dan Dosis Adsorben *Fly ash* teraktivasi NaOH terhadap Adsorpsi Metilen Biru

The Effect of Contact Time Variation and Dosage of NaOH-Activated Fly ash on Adsorption of Methylene Blue

Brilian Gema Morentera, Sri Wahyuningsih*, Dyan Hatining Ayu Sudarni

Universitas PGRI Madiun, Jalan setia budi 85 Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun, 63118, Indonesia

Artikel histori :

Diterima 16 Juni 2022
Diterima dalam revisi 7 Agustus 2022
Diterima 9 Agustus 2022
Online 15 November 2022

ABSTRAK: Pertumbuhan industri tekstil yang pesat menimbulkan masalah yang baru terhadap lingkungan salah satunya adalah adanya limbah warna. Metilen biru merupakan pewarna tekstil yang berbahaya bagi makhluk hidup salah satunya pemicu sianosis bagi manusia dan dapat mengganggu fotosintesis bagi tumbuhan air. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk mengatasi hal tersebut salah satunya dengan adsorpsi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi dosis adsorben dan variasi waktu kontak terhadap adsorpsi metilen biru. Adsorpsi merupakan proses penyerapan molekul adsorbat yang terjadi hanya pada permukaan adsorben. Adsorben yang digunakan adalah fly ash PG. Pagotan yang telah diaktivasi dengan NaOH 2M untuk menyerap metilen biru. Metode pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk mengukur konsentrasi metilen biru pada panjang gelombang maksimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persen pengurangan konsentrasi terbaik untuk penyerapan metilen biru dengan konsentrasi 0,03 g/L adalah fly ash teraktivasi NaOH dengan dosis 0,20 g selama 10 menit yang dapat mengadsorpsi sebesar 100%. Berdasarkan data dapat diketahui fly ash aktivasi dan non aktivasi mengikuti model isoterm Langmuir yang berarti terbentuk monolayer adsorpsi. Kapasitas adsorpsi fly ash juga mengalami peningkatan setelah aktivasi yaitu 21,74 mg/g menjadi 23,25 mg/g. Berdasarkan penelitian fly ash berpotensi untuk menjadi adsorben baru.

Kata Kunci: Adsorpsi; fly ash; isoterm adsorpsi; limbah tekstil; metilen biru

ABSTRACT: A rapid growth of textile industry creates a new problems on environment, one of those is the presence of dye waste. Methylene blue is one of the dyes which is toxic to living things, one of those triggers cyanosis for human and bother photosynthesis of algae. Therefore, it needs the effort to reduce, one of those is by adsorption. This study aims to determined the effect of dosage adsorbent variation and contact time variation to adsorb methylene blue. Adsorption is an adsorbate molecule absorption process that occurs on the surface of the adsorbent. This study used fly ash from PG. Pagotan and has been activated by NaOH. Measure method of this study using UV-Vis Spectrophotometry to measure concentration of methylene blue at maximum wavelenght. Based on data, NaOH-activated fly ash and non-activated fly ash following Langmuir isotherm adsorption, it mean a monolayer site is formed. Adsorption capacity also increase after activation, it about 21,74 mg/g to 23, 25 mg/g. Based on the study fly ash has a potential as a new adsorbent.

Keywords: Adsorption; fly ash; isotherm adsorption; textil dyes; methylene blue

1. Pendahuluan

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi memberikan dampak Industrialisasi di daerah perkotaan. Industrialisasi di daerah perkotaan ini memengaruhi kehidupan manusia, dimana dampak yang luar biasa di dunia industri utamanya di daerah perkotaan seperti lapangan pekerjaan yang semakin luas, devisa negara bertambah serta ketergantungan negara terhadap negara lain juga berkurang. Namun, tumbuhnya

industri yang pesat juga menimbulkan arus urbanisasi yang tinggi serta pencemaran lingkungan yang mengganggu keseimbangan alam (Rohmadiani & Subekti, 2020).

Alam semesta pada hakikatnya dapat melakukan *self purification*, sebagai upaya memulihkan diri dari pencemaran lingkungan. Namun, jika pencemaran lingkungan tersebut melebihi kapasitas maka akan berdampak pada makhluk hidup. Pencemaran lingkungan

* Corresponding author
Email: swahyu@unipma.ac.id

akibat industrialisasi merupakan faktor terbesar pencemaran lingkungan karena menghasilkan limbah sebagai produk sampingnya. Limbah industri ini berbahaya jika masuk ke badan air karena dapat mengganggu aktivitas biota sungai (Sharma et al, 2009) Salah satu limbah tersebut adalah limbah warna dari industri batik

Industri batik menghasilkan limbah warna sebagai produk sampingnya. Zat warna dalam pewarna batik mengandung zat warna asam, zat warna basa, dan zat warna azoserta menimbulkan bau busuk dan membunuh organisme (Hendrasarie &Pratama, 2021). Zat warna asam merupakan pewarna yang memerlukan asam mineral untuk penyerapan seperti nylosan sedangkan zat warna basa merupakan basa organik yang tidak berafinitas terhadap selulosa seperti hematoxylin. Zat warna azo juga terkandung dalam pewarna tekstil seperti zat warna metilen biru. Zat warna metilen biru merupakan zat warna yang tergolong murah dan mudah didapatkan, Selain itu metilen biru merupakan zat warna yang sulit didegradasi oleh alam. Metilen biru merupakan zat warna kationik apabila terjadi kontak dengan kulit menimbulkan iritasi, jika tertelan menimbulkan sianosis dan jika masuk ke badan air seperti sungai akan menimbulkan gangguan bagi tumbuhan air karena menghalangi sinar matahari masuk untuk proses fotosintesis (Rizki et al, 2020). Oleh sebab itu diperlukan suatu metode untuk mendegradasi kandungan metilen biru yang tercampur dalam air sungai sebagai upaya mengurangi pencemaran lingkungan.

Industri gula merupakan industri pengolahan tebu menjadi gula pasir yang menghasilkan limbah berupa *fly ash*. *Fly ash* dihasilkan dari pembakaran ampas tebu pada boiler yang jika tidak dimanfaatkan akan menimbulkan pencemaran udara. Pada struktur *fly ash* masih mengandung silika oksida, Besi (III) oksida, kalium oksida dan magnesium oksida yang berperan sebagai gugus aktif untuk menyerap logam Cu (Astari & Utami, 2018).

Penelitian terdahulu sudah menggunakan *fly ash* sebagai adsorben seperti Ashadi et al, (2016) menggunakan *bagasse fly ash* untuk mengadsorpsi pewarna *congo reddan* gas H₂S dengan hasil *bagasse fly ash* dengan aktivasi NaOH dapat menurunkan kadar H₂S 36,40% dengan kapasitas adsorpsi 0,00000024 mg/g dan dapat menurunkan kadar *congo red* sebesar 93,50% dengan kapasitas adsorpsi 7,48 mg/g. Penelitian Suseno (2012) menggunakan *bagasse fly ash* untuk mengurangi COD (*Chemical Oxygen Demand*) dalam air limbah yang mengandung krom (III), menerangkan bahwa kondisi optimum untuk proses adsorpsi adalah pH 7 dengan ukuran partikel 80 mesh dengan waktu kontak 90 menit dan massa abu terbang 20,00 g. Menurut Mane et al, (2007) kesetimbangan adsorpsi *fly ash* terjadi pada dosis adsorben 5,00 g/L dengan waktu optimum 5 jam untuk mengadsorpsi *brilliant green*. Berdasarkan pemaparan tersebut *fly ash* merupakan adsorben yang berpotensi untuk mengadsorpsi zat warna. Pada penelitian ini digunakan zat warna metilen biru dengan konsentrasi 0,03 g/L dengan pemodelan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Ayakan 60 mesh, spektrofotometer UV-Vis *Genesys-10*, *fly ash* dari boiler Pabrik Gula Pagottan Kecamatan Geger, Kota Madiun Jawa Timur, aquades, serbuk kemasan metilen biru (C₁₆H₁₈N₃SCI) dengan kadar 0,03 g/L, dan NaOH teknis 2M sebanyak 250 mL.

2.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi menggunakan larutan induk metilen biru 1 g/L. Dari larutan induk yang dibuat, kemudian dibuat larutan 0,10; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02; 0,01 g/L. Selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi larutan hasil pengenceran menggunakan spektrofotometer UV-Vis *Genesys-10*. Pada langkah ini didapatkan konsentrasi dari setiap pengenceran menggunakan persamaan 1:

$$Y = mx + c \quad (1)$$

dimana

y= absorbansi

x= initial concentration (g/L)

c= konstanta

2.3. Preparasi Adsorben

Limbah *fly ash* yang didapat kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh. Langkah selanjutnya yaitu membuat larutan NaOH 2M sebanyak 250 mL dalam gelas beaker. Padatan *fly ash* yang telah berukuran seragam diambil sebanyak 20 g lalu dicampurkan kedalam NaOH 2M sebanyak 250 mL diaduk selama 10 menit dan didiamkan selama 24 jam. Endapan yang didapat, dicuci dengan air terus-menerus sampai didapat pH netral dan dikeringkan dibawah sinar matahari sampai benar-benar kering.

2.4. Pengaruh Variasi Dosis Dengan Absorbansi

Padatan *fly ash* non aktivasi sebanyak 0,05; 0,10; 0,15; 0,20g dikontakkan masing-masing dengan larutan metilen biru 0,03 g/L. Adsorben dikontakkan dengan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 250 rpm selama 10 menit. Adsorben kemudian dipisahkan dari adsorbat dengan cara filtrasi dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan yang sama dilakukan pada adsorben aktivasi NaOH 2M.

2.5. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Absorbansi Pada Fly Ash Teraktivasi NaOH Dan Non Aktivasi

Padatan *fly ash* non aktivasi sebanyak 0,05 g dan 0,10g dimasukkan kedalam larutan metilen biru 0,03 g/liter sebanyak 50 mL. Selanjutnya larutan dikocok dengan menggunakan *shaker* selama 10, 15 dan 20 menit. Perlakuan masing-masing variasi dosis dilakukan 3x. Setelah dikontakkan padatan dipisahkan dari larutan metilen biru kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis *Genesys-10*. Perlakuan yang sama dilakukan untuk menganalisa *fly ash* aktivasi NaOH

2.6. Analisis Data

2.6.1. Persen Adsorpsi Adsorpsi

Pengukuran ini ditujukan untuk mengetahui persen pengurangan konsentrasi adsorbat menggunakan persamaan 2:

$$\% \text{ adsorpsi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

% adsorpsi = rasio konsentrasi akhir (Ce) dan konsentrasi awal (C₀) (%)

C₀ = konsentrasi awal metilen biru (g/L)

C_e = konsentrasi akhir metilen biru (g/L)

2.6.2. Analisis FTIR

Analisis FTIR dilakukan dengan menggunakan pelet adsorben dan Kbr (1:100 adsorben/Kbr) dengan spektra 4000 sampai 400 cm⁻¹ dengan menggunakan spektrofotometer VERTEX 70.

2.6.3. Isoterm Adsorpsi Langmuir

Analisa data pada penelitian ini dilakukan dengan mengukur konsentrasi akhir metilen biru setelah diadsorpsi dari konsentrasi adsorbat terhadap kapasitas adsorpsi. Analisa dilakukan untuk mengetahui model isoterm adsorpsi. Persamaan isoterm langmuir menurut persamaan 3:

$$\frac{C_e}{Q} = \frac{1}{Kb} + \frac{1}{b} C_e \quad (3)$$

Ce = konsentrasi adsorbat akhir(mg/L)

Q = Jumlah adsorbat setelah adsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

Kb = konstanta kesetimbangan adsorpsi (L/mg)

b = kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

k,n = konstanta empiris

2.6.4. Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm adsorpsi Freundlich dirumuskan dengan persamaan 4 :

$$Q = K C_e^{1/n} \quad (4)$$

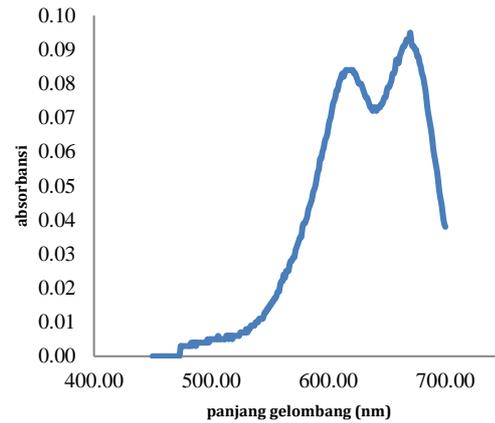
Persamaan 4. dapat diubah dalam bentuk logaritma untuk mendapatkan kelinierannya menjadi:

$$\log Q = \log k + \frac{1}{n} \log C_e \quad (5)$$

3. Hasil dan Pembahasan

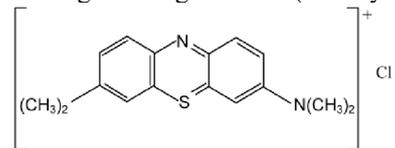
3.1. Penentuan Panjang Gelombang maksimum (λ_{maks})

Pengukuran panjang gelombang maksimum menggunakan larutan metilen biru dengan konsentrasi 0,010g/L. Pengukuran λ_{maks} dilakukan pada rentang 450-750 nm, dimana pemilihan ini didasarkan pada pewarna metilen biru merupakan warna komplementer biru yang bekerja pada spektrum cahaya visible pada 500-750 nm. Pada penelitian ini didapatkan bahwa metilen biru bekerja pada panjang gelombang maksimum 670 nm dengan absorbansi maksimal 0,094 seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum (λ_{maks}) Metilen Biru

Metilen biru merupakan senyawa organik dengan struktur ikatan C=C terkonjugasi sehingga memiliki orbital π yang mudah tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Proses eksitasi tersebut dilambangkan dengan π→π*.(Falahiyah, 2015).

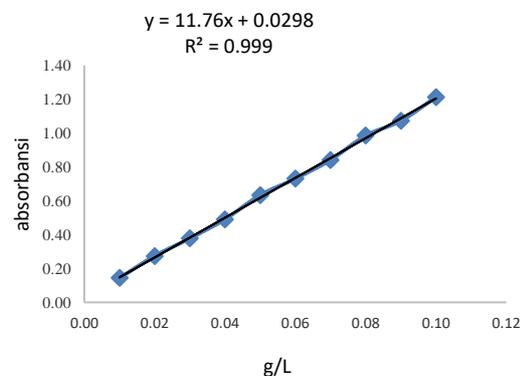


Gambar 2. Struktur Metilen Biru

Sykes(1989) melaporkan bahwa warna biru dari metilen biru merupakan warna dari perpanjangan sistem konjugasi yang dapat memperkecil energi untuk eksitasi. Semakin kecil energi eksitasi maka diperlukan panjang gelombang yang tinggi untuk terjadinya serapan (Sutrisno, 2017).

3.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi berfungsi mengetahui hubungan antara konsentrasi metilen biru dengan absorbansi. Hukum Lambert-Beer menerangkan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi metilen biru (*initial concentration*).



Gambar 3. Hubungan konsentrasi dan absorbansi

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi metilen biru maka semakin besar absorbansinya. Hasil ini sesuai dengan hukum *Lambert-Beer* yang menerangkan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi. Berdasarkan grafik pada Gambar 3 diperoleh bahwa sebagai absorbansi dan x sebagai *initial concentration*. Menurut grafik tersebut didapatkan c sebesar 0,029 dan R² yaitu 0,999 dimana R sudah mendekati 1. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi sudah linear dan sesuai dengan hukum *Lambert-Beer*. Pada penelitian ini digunakan konsentrasi 0,030g/L dengan absorbansi 0,37 yang artinya pada titik ini *initial concentration* adalah 0,029 g/L

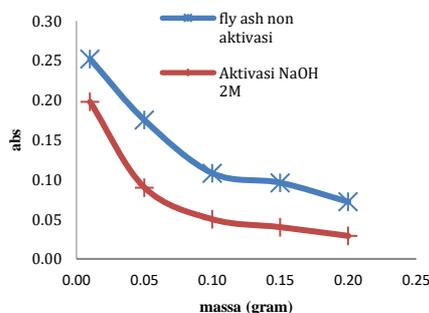
3.3. Pengaruh Variasi Dosis Terhadap Absorbansi

Pada penelitian ini menggunakan variasi dosis yang dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara dosis adsorben *fly ash* dengan konsentrasi metilen biru hingga keadaan kesetimbangan. Pengaruh variasi dosis terhadap % pengurangan konsentrasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan variasi dosis terhadap konsentrasi adsorbat.

Variasi dosis Adsorben Fly Ash (g)	% adsorpsi Metilen Biru Oleh Adsorben Non Aktivasi	% adsorpsi Metilen Biru Oleh Adsorben Aktivasi NaOH 2M
0,01	35,93	51,45
0,05	58,05	82,47
0,10	77,30	93,96
0,15	80,75	96,84
0,20	87,64	100,00

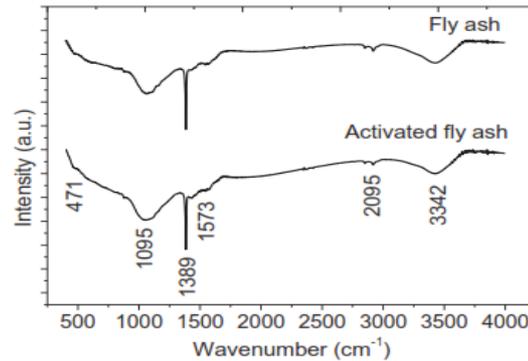
Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa semakin banyak massa adsorben maka absorbansi mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan semakin banyak molekul adsorbat yang menempel pada partikel adsorben yang menyebabkan konsentrasi adsorbat mengalami penurunan. Hal ini dapat terjadi karena banyaknya jumlah massa adsorben yang ditambahkan mempengaruhi efisiensi penyerapan. Menurut Hartati et al, (2021) massa adsorben yang besar sebanding dengan jumlah partikel dan luas permukaan adsorben menyebabkan sisi aktif adsorpsi dan efisiensi meningkat.



Gambar 4. Hubungan variasi dosis dengan absorbansi

3.4. Analisis FTIR adsorben Fly ash

Berikut merupakan spektra hasil pengukuran FTIR pada adsorben *fly ash*:



Gambar 5. Hasil Spektra FTIR adsorben *fly ash*

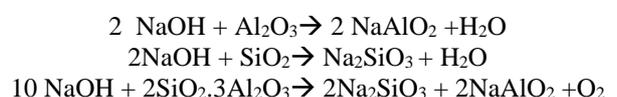
Gambar 5 merupakan gambar spektra FTIR adsorben fly ash teraktivasi dan non aktivasi. Pengukuran dilakukan pada bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹. Dari spektra tersebut terdapat puncak pada bilangan gelombang 1095 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang ini terdapat gugus vibrasi rentang asimetri T-O-T (T=Si atau Al) (Flanigen et al, 1971) Selain itu pada spektra dapat dilihat terdapat puncak pada 1389 cm⁻¹ menunjukkan adanya serapan vibrasi tekuk gugus alkana. Tabel 2 merupakan tabel interpretasi spektra FT-IR:

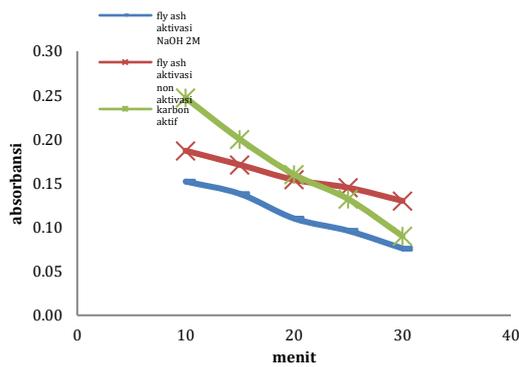
Tabel 2. Interpretasi Spektra FT-IR

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Referensi
471	Gugus alifatik Si-O-Si	Astari et al (2018)
1095	vibrasi rentang asimetri T-O-T (T=Si atau Al)	Flanigen et al, 1971
1389	Vibrasi tekuk alkana (C-H)	Astari et al (2018)
1573	Gugus C-O dalam karboksilat	Biniak et al (1997)
2095	CH ₂ alifatik	Biniak et al (1997)

3.4. Pengaruh Variasi Waktu, Aktivasi NaOH Terhadap Absorbansi

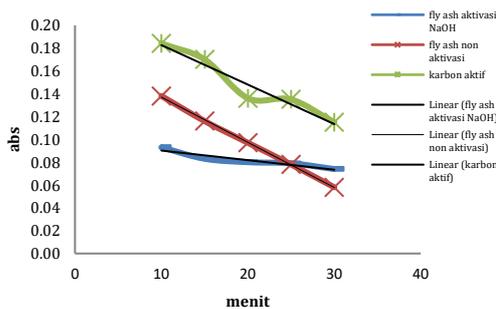
Hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Dari Gambar 6 dan Gambar 7 dapat diketahui terdapat perbedaan nyata absorbansi setelah dan sebelum diaktivasi dibandingkan dengan adsorben karbon aktif. Menurut Gambar 6 dan 7 disimpulkan bahwa adsorben *fly ash* teraktivasi NaOH merupakan adsorben yang paling efektif dibuktikan dengan absorbansi terendah menggunakan *fly ash* teraktivasi NaOH 2M. Hal ini dikarenakan menurut Dwijayanti (2020) pada struktur dari *fly ash* memiliki molekul silika dan alumina sehingga berinteraksi dengan NaOH menurut reaksi:





Gambar 6. Perbandingan perlakuan *fly ash* terhadap absorbansi dosis 0,05 g

Dari reaksi tersebut dapat dilihat bahwa struktur dari *fly ash* yaitu senyawa aluminium dan silika berinteraksi dengan NaOH menghasilkan produk aluminat dan silikat, senyawa inilah yang bertanggung jawab untuk mengikat metilen biru (Dwijayanti et al, 2020). Pada saat aktivasi ini interaksi antara *fly ash* dengan NaOH membentuk ikatan hidroksida (-OH) (Dwijyantiet al, 2020).

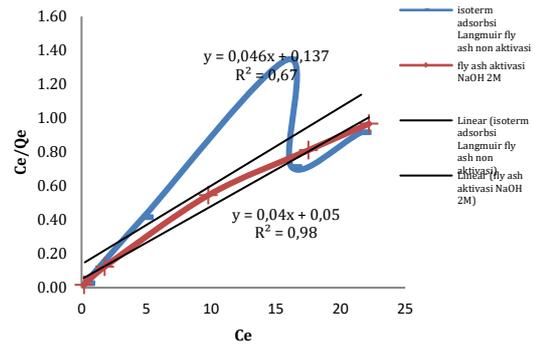


Gambar 7. Perbandingan perlakuan *fly ash* terhadap absorbansi dosis 0,10g

Pada waktu kontak 10 sampai 20 menit dapat dilihat bahwa semakin lama waktu kontak maka adsorbansi semakin mengalami penurunan. Adsorbansi yang menurun diindikasikan konsentrasi adsorbat juga mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak maka menyebabkan interaksi partikel adsorben *fly ash* dan partikel adsorbat metilen biru menjadi lebih besar. Waktu interaksi yang lama yang memungkinkan menambah kesempatan bagi partikel adsorbat untuk tertarik pada partikel *fly ash* (Ernawati et al., 2021)

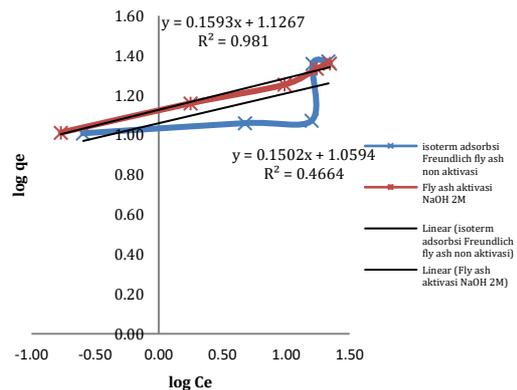
3.5. Model Isoterm adsorpsi

Model isoterm adsorpsi menerangkan distribusi fasa teradsorpsi dalam larutan dengan partikel adsorben pada suhu tertentu dan tetap. Isoterm yang digunakan dalam penelitian ini adalah isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Isoterm Langmuir menunjukkan adanya pembentukan lapisan tunggal adsorbat yang menempel pada adsorben. Berikut merupakan grafik isoterm adsorpsi pada *fly ash*:



Gambar 8. Grafik isoterm adsorpsi langmuir

Berdasarkan Gambar 8 dan 9 dapat dilihat bahwa model isoterm adsorpsi Langmuir *fly ash* non aktivasi. Menurut grafik 8 dan 9 didapatkan R^2 yaitu 0,66 dan R^2 0,46 dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *fly ash* non aktivasi mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir. Dari grafik diatas dapat diketahui kapasitas adsorpsi *fly ash* non aktivasi adalah sebesar 21,74mg/g.



Gambar 9. Grafik isoterm Freundlich

Berdasarkan Gambar 8 dan 9 dapat dilihat bahwa model isoterm adsorpsi Langmuir *fly ash* aktivasi NaOH 2M. Menurut grafik, didapatkan R^2 yaitu 0,980 dan R^2 0,981 dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *fly ash* aktivasi NaOH 2M mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir. Dari grafik diatas dapat diketahui kapasitas adsorpsi *fly ash* non aktivasi adalah sebesar 23,25 mg

Model Isoterm adsorpsi Langmuir merupakan model adsorpsi diasumsikan terbentuk satu layer lapisan permukaan (*monolayer*) dan site bersifat homogen yaitu adanya persamaan energi pengikatan tiap-tiap site yang menggambarkan penyerapan molekul metilen biru pada adsorben *fly ash* non aktivasi dan aktivasi NaOH 2M (Harahap, 2018). Jika suatu sistem adsorpsi menganut model isoterm adsorpsi Langmuir dapat disimpulkan bahwa adsorpsi yang terjadi secara kimia biasanya ikatan kovalen (Atkins, 1999; Harahap, 2018).

4. Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan adsorben *fly ash* NaOH 2M menunjukkan bahwa aktivasi berpengaruh nyata terhadap adsorpsi. Adsorben teraktivasi NaOH pada strukturnya menghasilkan aluminat dan silikat, senyawa inilah yang bertanggung jawab untuk mengikat metilen biru. Persen *removal* terbaik untuk mengadsorpsi metilen biru dengan konsentrasi 0,03 g/L adalah *fly ash* teraktivasi NaOH dengan dosis 0,20g selama 10 menit yang dapat mengadsorpsi sebesar 100%. Berdasarkan data dapat diketahui *fly ash* aktivasi dan non aktivasi mengikuti model isoterm Langmuir yang berarti terbentuk monolayer adsorpsi. Kapasitas adsorpsi *fly ash* juga mengalami peningkatan setelah aktivasi yaitu 21,74 mg/g menjadi 23,25mg/g

Daftar Pustaka

- Ashadi, A., Haryono, H., & Pranoto, P, 2015, Aktivasi, Karakterisasi dan Aplikasi Bagasse *Fly ash* sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil, *Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains)*, 2, hlm.561–572.
- Atkins, 1999, *Kimia Fisika (2nd ed)*, Jakarta: Erlangga
- Astari, M. A., & Utami, B, 2018, Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse *Fly ash* untuk Menjerap Logam Cu pada Sistem Batch, *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning*, 15(1), hlm.766–774.
- Biniak, S., Szymanski, G., Siedlewski, J., Swiatkowski, 1997, The Characterization Of Activated Carbons With Oxygen And Nitrogen Surface Group, *Carbon*, Vol.35, No. 12, Agustus:1799-1810
- Dwijayanti, U., Gunawan, G., Widodo, D. S., Haris, A., Suyati, L., & Lusiana, R. A, 2020, Adsorpsi Methylene Blue (MB) menggunakan abu layang batubara teraktivasi larutan NaOH, *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, Vol. 5No 1, hlm 1–14, Juni: 15-06
- Ernawati, E., Maflihah, I., Ubang, I., Podung, P. N., Nurbaiti, W., & Lestari, S, 2021, Adsorpsi Metilen Biru Dengan Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi, *Prosiding Seminar Kimia*, hlm .173–179.
- Falahiyah, 2015, Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Abu Dari Sabut Dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat, Skripsi Fakultas Sains Dan Teknologi, Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Flanigen, E.M., Khatami, H., dan Szymanski, H.A., 1971, Infrared Structural Studies of Zeolite Framework. Molecular Sieve Zeolite-I, *American Society Advanced in Chemistry Series*, Vol. 1, Agustus: 455
- Harahap, S. (N.D.). Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue Dan Malachite Green [B.S. Thesis]. Jakarta : UIN Syarif Hidayatullah .
- Hartati, Y., Maria, N., Trivena, I., Noraji, W. S. M., & Dania, U, 2021, Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Kulit Singkong (Manihot Utilissila) Sebagai Adsorben Zat Pewarna Tekstil Methylene Blue, *Bivalen*.
- Hendrasarie, n., & andhika, a. p, 2021, efektivitas penambahan green adsorbent di sequencing batch reactor untuk menurunkan parameter bod, tss dan warna pada limbah industri batik, *envirous*, Vol. 2 No. 1, Juni : 9–17
- Mane, V.S., Mall, I.D., Srivastava, V.C., 2007, Use of bagasse fly ash as an adsorbent for the removal of brilliant green dye from aqueous solution, *Dyes and Pigments*, Vol.73 No.3, Juli-22
- Rizki, A., Syahputra, E., & Pandia, S. (2019). Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) dengan Aktivator H₃PO₄ terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(2), 54–60.
- Rohmadiani, L. D., & Subekti, D. P. E. (2020). Dampak Keberadaan Zona Industri Terhadap Permukiman. *Jurnal Planoearth*, 5(2), 124–128
- Sharma, Y. C., Uma, & Upadhyay, S. N., 2009, Removal of anionic dye from wastewaters by adsorption on activated carbon developed from coconut coir, *Energy & Fuels*, Vol.23, 2983–2988. doi:10.1021/Ef9001132.
- Sembodo, B.S.T, Isoterm Keseimbangan Adsorpsi Timbal Abu Sekam Padi, *Ekilibrium*, Vol.4 No.2, hlm, 101, Juli: 25-07
- Suseno, H. P. (2012). Pengurangan Chemical Oxygen Demand (Cod) Dan Krom Dalam Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Abu Terbang Bagas. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (Snast) Periode Iii Issn*, 91x, hlm 270-278.
- Sutrisno.(2017). *Struktur Organik dari spektra massa, UV-Vis, dan IR*, Penerbit Malang : Book Mart Indonesia.
- Sykes, P, 1989, *Penentuan Mekanisme Reaksi Kimia Organik Edisi Keenam*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama