

Optimasi Pengaruh Waktu Kontak dan Dosis Adsorben Limbah Daun Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) dengan Metode Isoterm Adsorpsi Langmuir

*Optimization of the Effect of Contact Time and Adsorbent Dosage of Eucalyptus (*Melaleuca cajuputi*) Leaf Waste Using The Langmuir Adsorption Isotherm Method*

Dinar Ika Pambudi Kusumaningrum, Dyan Hatining Ayu Sudarni*, Sri Wahyuningsih
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Madiun, Jl. Auri No. 14 – 16, Kanigoro,
Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun, 63117, Indonesia

*Email: dyanhatining.ayu@unipma.ac.id

Abstrak

Limbah cair dari industri tekstil mengandung zat warna berbahaya yang dapat merusak lingkungan. Pencemaran terhadap lingkungan tersebut dapat diminimalisir dengan pengolahan limbah zat warna terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai atau selokan. Proses pengolahan limbah zat warna dapat dilakukan menggunakan metode adsorpsi. Adsorben yang digunakan yaitu limbah daun kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) non aktivasi dan teraktivasi asam (HCl 2 M). Larutan yang digunakan sebagai adsorbat yaitu *Malachite green*. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi tingkat absorbansi limbah daun kayu putih terhadap zat warna *malachite green* dengan metode isoterm adsorpsi Langmuir. Variabel yang digunakan yaitu variasi massa adsorben, waktu kontak dan model isoterm adsorpsi. Nilai efisiensi penyerapan yang dihasilkan oleh adsorben limbah daun kayu putih dengan aktivasi HCl 2 M sebesar 87,4279%, sedangkan non aktivasi sebesar 86,0290%. Untuk variasi waktu 10 menit, 15 menit dan 20 menit pada adsorben aktivasi HCl 2 M menghasilkan nilai absorbansi sebesar 0,026; 0,022; dan 0,02. Berdasarkan grafik hubungan antara C_e dengan C_e/Q_e untuk adsorben non aktivasi diperoleh R^2 sebesar 0,7039 sedangkan aktivasi HCl 2 M sebesar 0,966. Limbah daun kayu putih tersebut dapat digunakan sebagai adsorben tanpa proses karbonisasi, hanya perlu diberikan perlakuan aktivasi menggunakan larutan asam.

Kata kunci : adsorpsi, aktivasi, isoterm adsorpsi Langmuir, limbah daun kayu putih, *malachite green*

Abstract

Liquid waste from the textile industry contains harmful dyes that can damage the environment. Pollution to the environment can be minimized by processing dye waste before being discharged into rivers or sewers. The dye waste treatment process can be carried out using the adsorption method. The adsorbent used was non-activated and acid-activated eucalyptus leaf waste (HCl 2 M). The solution used as adsorbate is malachite green. This study aims to optimize the absorbance level of eucalyptus (*Melaleuca cajuputi*) leaf waste against malachite green dye using the Langmuir adsorption isotherm method. The variables used are the mass variation of the adsorbent, the contact time and the adsorption isotherm model. The absorption efficiency value produced by the adsorbent of eucalyptus leaf waste with 2 M HCl activation was 87.4279%. Meanwhile, the non-activated adsorbent is 86.0290%. For time variations of 10 minutes, 15 minutes and 20 minutes on 2 M HCl activated adsorbent resulted in an absorbance of 0.026; 0.022; and 0.02. Based on the graph of the relationship between C_e and C_e/Q_e for the non-activated adsorbent, R^2 was obtained at 0.7039 while the 2 M HCl activation was 0.966. So, the eucalyptus leaf waste can be used as an adsorbent without a carbonization process, only needs to be given activation treatment using an acid solution.

Keywords: adsorption, activation, eucalyptus leaf waste, Langmuir adsorption isotherm, malachite green

Pendahuluan

Di Indonesia terdapat banyak industri tekstil berkembang. Industri tekstil ini merupakan industri yang memproduksi serat menjadi benang atau kain [1]. Industri ini menghasilkan berbagai

macam limbah seperti limbah padat, cair dan gas. Penelitian ini berfokus pada pengolahan limbah cair atau pengolahan limbah yang dihasilkan zat warna.

Zat warna merupakan zat berbahaya yang terdapat dalam limbah cair. Salah satu zat warna yang digunakan di industri tekstil yaitu *malachite green* yang berbahaya bagi lingkungan. Zat warna *malachite green* dapat menyebabkan iritasi pada sistem pencernaan manusia jika mengkonsumsi ikan yang terkontaminasi zat tersebut. *Malachite green* diketahui dapat meracuni sel mamalia dan dapat menyebabkan tumor. Kadar *malachite green* yang diperbolehkan untuk diperairan yaitu sekitar 0,01 ppm [2]. Air yang mengandung *malachite green* harus dinetralkan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah zat warna yaitu dengan metode adsorpsi, ozonisasi, koagulasi dan penukar ion. Salah satu metode yang sering digunakan untuk pengolahan limbah zat warna yaitu metode adsorpsi. Adsorpsi adalah penyerapan oleh padatan terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat dengan adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat [3]. Adsorpsi merupakan proses yang terdiri atas serangkaian reaksi-reaksi permukaan zat padat (adsorben) terhadap zat tercemar (adsorbat) baik pada fase cair maupun gas [4]. Pada metode ini terdapat istilah yang disebut adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang akan diserap.

Salah satu adsorben yang biasa digunakan untuk proses adsorpsi yaitu karbon aktif. Karbon aktif adalah struktur homogen dengan permukaan yang sangat besar, memiliki struktur mikropori, dan stabilitas radiasi. Penggunaan karbon aktif sebagai adsorben dianggap sebagai proses adsorpsi yang mahal [5]. Terdapat alternatif lain agar proses adsorpsi tidak terlalu mahal yaitu dengan memanfaatkan adsorben dari limbah bahan alam seperti limbah daun kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) [6]. Industri minyak kayu putih mengolah daun kayu putih untuk diambil minyaknya dengan proses penyulingan [7]. Proses penyulingan menghasilkan limbah padat berupa daun kayu putih. Penumpukan daun kayu putih dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Pencemaran lingkungan tersebut dapat dihindari dengan memanfaatkan limbah daun kayu putih sebagai bahan bakar tungku pemanas dan adsorben untuk proses adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi pencemaran air terhadap lingkungan yang disebabkan oleh zat warna dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben dari limbah bahan alam.

Berdasarkan hasil hipotesa tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengoptimasi tingkat absorbansi limbah daun kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) terhadap zat warna

malachite green dengan metode isoterm adsorpsi langmuir.

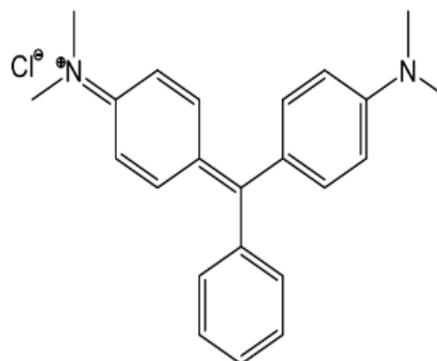
Teori

Malachite green (MG) merupakan suatu senyawa organik yang dapat larut dalam air. MG banyak digunakan dalam industri tekstil, sutra, dan industri goni. Zat warna MG biasanya digunakan sebagai bahan pencelupan kertas, wol, kulit, tekstil, kapas, dan serat akrilik [8]. Sifat fisika dan kimia zat warna MG dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Karakteristik Zat Warna *Malachite Green* (MG) [9]

Parameter	Nilai
Rumus Molekul	C ₂₃ H ₂₅ ClN ₂
Berat Molekul	364,9 g/mol
Indeks Warna	42000
CAS Number	2437-29-8
Nature	Zat Warna Kationik

Malachite Green merupakan zat warna yang toksik dan dapat menimbulkan bahaya jika tercampur dalam badan air. Struktur zat warna *malachite green* dapat dilihat pada gambar 1 [10].



Gambar 1. Struktur Kimia Zat *Malachite Green*

Kayu putih merupakan tumbuhan yang dapat tumbuh di daerah dataran rendah sampai 400 mdpl. Tumbuhan kayu putih banyak tersebar di wilayah Indonesia seperti Jawa, Irian Jaya, Nusa Tenggara Timur, Maluku, Sumatra Selatan, dan Sulawesi Tenggara [11].

Tumbuhan kayu putih memiliki taksonomi sebagai berikut [11].

- Kingdom : *Plantae*
- Sub Kingdom : *Tracheobionta*
- Divisi : *Magnoliophyta*
- Kelas : *Magnoliopsida*
- Sub Kelas : *Rosidae*
- Ordo : *Myrtales*
- Famili : *Myrtaceae*
- Genus : *Melaleuca*
- Spesies : *Melaleuca leucadendra* Linn

Daun kayu putih banyak digunakan sebagai bahan pembuatan minyak kayu putih yang dihasilkan melalui proses destilasi. Hal tersebut menyebabkan terjadinya penumpukan limbah daun kayu putih yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan dapat diatasi dengan memanfaatkan limbah daun kayu putih sebagai adsorben [12].

Adsorpsi adalah proses penyerapan subatansi atau senyawa pada permukaan zat padat. Adsorpsi merupakan proses penyerapan oleh padatan terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat dengan adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat [3]. Berdasarkan kekuatan interaksi, adsorpsi dibagi menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika. Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang terjadi karena adanya pertukaran atau pemakaian bersama elektron antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben sehingga terjadi reaksi kimia [13]. Adsorpsi fisika adalah terjadi jika gaya intermolekul lebih besar daripada gaya antar molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan adsorben. Gaya tersebut disebut juga dengan gaya *Van der Waals* [14].

Spektrofotometri adalah pengukuran adsorbansi suatu sampel pada panjang gelombang tertentu. Metode spektrofotometri memiliki rentang serapan cahaya ultraviolet (190-380 nm) dan sinar tampak (*visible*) (380-780 nm). Absorbansi adalah besarnya kemampuan molekul zat terlarut untuk mengadsorpsi pada panjang gelombang tertentu [15].

Isoterm adsorpsi adalah hubungan kesetimbangan antara konsentrasi pada fasa fluida dan konsentrasi partikel adsorben pada temperatur tertentu. Konsentrasi pada zat cair biasanya menggunakan satuan massa seperti *part per million* (ppm) [16]. Salah satu model isoterm adsorpsi yaitu isoterm langmuir. Isoterm adsorpsi langmuir mengartikan jika kapasitas adsorben maksimum disebabkan adanya lapisan tunggal adsorbat pada permukaan adsorben. Isoterm adsorpsi Langmuir dapat dirumuskan pada persamaan (1).

$$Q_e = \frac{b \cdot K \cdot C_e}{1 + K \cdot C_e} \dots \dots \dots (1)$$

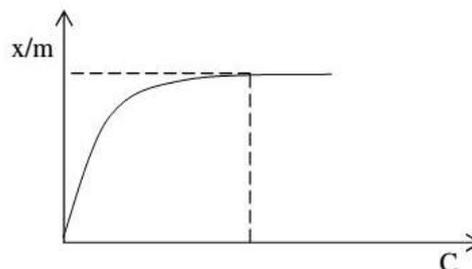
Penentuan konstanta b dan K dapat dilihat dari kurva hubungan $\frac{C_e}{Q_e}$ terhadap C_e dengan persamaan 2.

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{b \cdot K} + \frac{1}{b} C_e \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- C_e = Konsentrasi larutan uji dalam larutan pada kesetimbangan (ppm)
- Q_e = Jumlah larutan uji yang teradsorpsi per satuan massa adsorben (mg/g)
- b = Kapasitas serap monolayer langmuir (mg/g)
- K = Konstanta isoterm langmuir (L/mg)

Kurva isoterm adsorpsi langmuir dapat dilihat pada gambar 2 [14]. C merupakan konsentrasi larutan adsorbat sedangkan x/m atau Q_e adalah kapasitas adsorpsi dari adsorben.



Gambar 2. Kurva Isoterm Adsorpsi Langmuir

Metodologi Penelitian

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu blender, ayakan 60 mesh, neraca analitik, gelas ukur, labu ukur, gelas beaker, erlenmeyer, corong, shaker, centrifuge, dan spektrofotometer UV-Visible Genesys 10S. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu malachite green (MG), limbah daun kayu putih 60 mesh, asam klorida (HCl) 2 M, dan aquadest.

Pembuatan Adsorben

Penelitian ini menggunakan adsorben limbah daun minyak kayu putih. Adsorben diberikan 2 perlakuan yang berbeda yaitu adsorben non aktivasi dan aktivasi asam klorida (HCl) 2 M. Pembuatan adsorben dilakukan dengan cara menghaluskan limbah daun kayu putih menggunakan blender kemudian diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 60 mesh. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, perlakuan untuk adsorben aktivasi asam dapat dilakukan dengan cara menimbang 20 gram limbah daun kayu putih 60 mesh kemudian diaktivasi menggunakan larutan HCl 2 M sebanyak 250 mL. Larutan didiamkan selama 24 jam, kemudian ditambahkan aquadest sebanyak 250 mL dan dicek pH. Selanjutnya larutan dicuci menggunakan aquadest hingga pH netral.

Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pada penelitian ini menggunakan larutan induk dengan konsentrasi 1 g/L, kemudian larutan diencerkan mulai dari 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, hingga 50 ppm sebanyak 100 mL. Selanjutnya

dilakukan pengukuran absorbansi menggunakan alat spektrofotometer *UV-Visible* Genesys 10S dengan panjang gelombang 617 nm. Setelah diperoleh nilai absorbansi, maka akan diperoleh konsentrasi setiap larutan berdasarkan persamaan (3).

$$Y = mx + C \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

Y = Absorbansi
 x = Konsentrasi
 C = Konstanta

Penentuan Absorbansi Larutan *Malachite Green* terhadap Pengaruh Variasi Massa Adsorben

Pada penelitian ini digunakan variasi massa adsorben limbah daun kayu putih non aktivasi dan aktivasi asam klorida (HCl) 2 M. Adsorben non aktivasi ditimbang sebanyak 0,01 g, 0,05 g, 0,1 g, 0,15 g, dan 0,2 g. Adsorben dimasukkan ke dalam larutan *malachite green* 20 ppm, selanjutnya di *shaker* dengan kecepatan 250 rpm selama 5 menit. Larutan setelah adsorpsi di *centrifuge*, lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer *UV-Visible* Genesys 10S. Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk adsorben aktivasi HCl 2 M. Berdasarkan hasil variasi massa adsorben pada massa 0,05 g dan 0,1 g diperoleh hasil yang optimum [11]. Sehingga massa tersebut yang akan dilakukan kontak dengan variasi waktu.

Penentuan Absorbansi Larutan *Malachite Green* terhadap Pengaruh Variasi Waktu Kontak

Pada penelitian ini digunakan variasi waktu kontak 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Adsorben yang digunakan yaitu limbah daun kayu putih non aktivasi dan aktivasi asam klorida (HCl) 2 M. Adsorben non aktivasi ditimbang sebanyak 0,05 g dan 0,1 g. Adsorben dimasukkan ke dalam larutan *malachite green* 20 ppm, kemudian di *shaker* dengan kecepatan 250 rpm selama 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Larutan setelah adsorpsi di *centrifuge*, lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer *UV-Visible* Genesys 10S. Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk adsorben aktivasi HCl 2 M.

Penentuan % *removal* adsorben

Persamaan ini digunakan untuk menentukan efisiensi penyerapan adsorben terhadap larutan (adsorbat). Perhitungan % *removal* dapat dihitung menggunakan persamaan 4 [14].

$$\% \text{ removal} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

C₀ = Konsentrasi larutan awal (ppm)
 C_e = Konsentrasi larutan akhir (ppm)

Penentuan kapasitas adsorpsi

Persamaan ini digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi adsorben terhadap adsorbat. Kapasitas adsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan 5 [14].

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{W} \times V \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

Q_e = Kapasitas adsorpsi (mg/g)
 C₀ = Konsentrasi larutan awal (ppm)
 C_e = Konsentrasi larutan akhir (ppm)
 W = Massa adsorben (gram)
 V = Volume larutan (Liter)

Model Isoterm Adsorpsi Langmuir

Pada penelitian ini menggunakan adsorben limbah daun kayu putih non aktivasi sebanyak 0,05 g. Dibuat larutan *malachite green* dengan konsentrasi 10 ppm hingga 50 ppm. Adsorben dimasukkan ke dalam larutan *malachite green*, selanjutnya di *shaker* dengan kecepatan 250 rpm selama 10 menit. Larutan setelah adsorpsi di *centrifuge*, lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer *UV-Visible* Genesys 10S. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada adsorben limbah daun kayu putih aktivasi asam klorida (HCl) 2 M.

Hasil

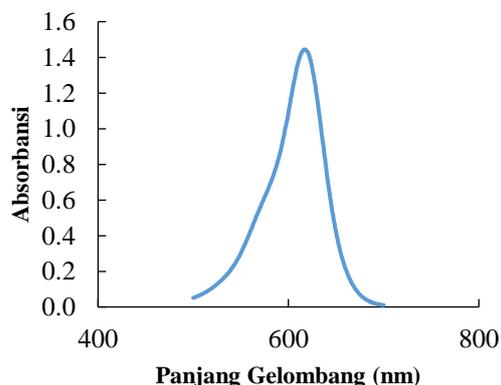
Perlakuan Terhadap Adsorben

Penelitian ini menggunakan adsorben berupa limbah daun kayu putih 60 *mesh*. Hal tersebut dilakukan karena semakin kecil ukuran adsorben maka luas permukaan adsorben semakin besar sehingga daya serap dari adsorben semakin banyak [14]. Adsorben yang digunakan yaitu adsorben non aktivasi dan aktivasi asam klorida (HCl) 2 M. Aktivasi adsorben bertujuan untuk memperbesar kemampuan adsorpsi dengan menghilangkan senyawa pengotor yang ada pada permukaan dan memperluas pori-pori adsorben [17].

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum (λ_{maks})

Panjang gelombang maksimum merupakan panjang gelombang tertentu yang menunjukkan hasil absorbansi paling besar. Pada penelitian ini digunakan rentang panjang gelombang sekitar 500-700 nm. Pengukuran panjang gelombang dilakukan dengan cara membuat larutan induk dengan konsentrasi 1 g/L yang kemudian diencerkan menjadi 0,1 g/L [18]. Berdasarkan

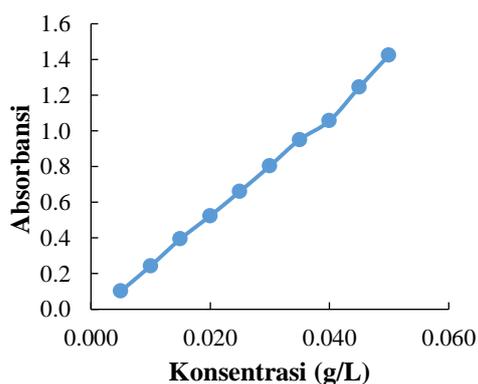
penelitian, hasil yang diperoleh sebesar 617 nm dengan absorbansi 1,444. Hasil dari penentuan panjang gelombang maksimum dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik panjang gelombang maksimum malachite green

Penentuan Kurva Kalibrasi

Penelitian ini menggunakan larutan induk dengan konsentrasi 1 g/L. Kemudian larutan diencerkan mulai dari 5 ppm hingga 50 ppm sebanyak 100 mL. Selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Visible Genesys 10S dengan panjang gelombang 617 nm [18]. Hasil dari penentuan kurva kalibrasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.



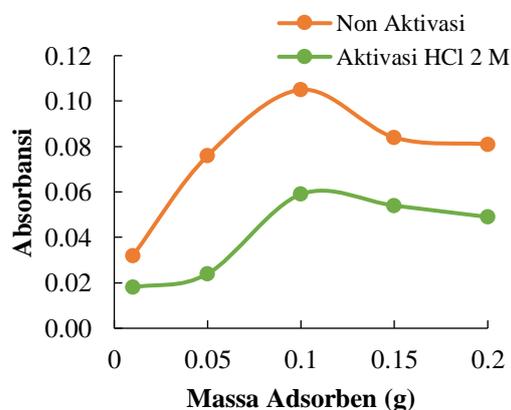
Gambar 4. Grafik kurva kalibrasi malachite green

Berdasarkan Gambar 4, grafik yang dihasilkan sesuai dengan hukum Lambert-Beer yaitu semakin besar konsentrasi larutan maka nilai absorbansinya semakin tinggi. Hasil yang diperoleh yaitu persamaan $y = 28,663x - 0,0479$ dan $R^2 = 0,9978$. Nilai y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi malachite green (g/L). Regresi (R^2) yang dihasilkan mendekati 1, sehingga grafik tersebut dapat dikatakan linier [19]. Pada proses adsorpsi digunakan larutan adsorbat dengan konsentrasi 0,02 g/L atau 20 ppm dan diperoleh

nilai absorbansi sebesar 0,524. Sehingga konsentrasi larutan malachite green sebenarnya adalah 0,01995 g/L. Hal ini dikarenakan pada saat pembuatan larutan tidak menggunakan botol gelap sehingga terjadi degradasi ikatan rangkap [20].

Penentuan Absorbansi Larutan Malachite Green terhadap Pengaruh Variasi Massa Adsorben

Pada penelitian ini menggunakan adsorben dengan perlakuan adsorben non aktivasi dan adsorben aktivasi asam klorida (HCl) 2 M. Variasi massa adsorben bertujuan untuk mengetahui hubungan antara massa adsorben dengan konsentrasi larutan malachite green sampai keadaan kesetimbangan. Variasi massa yang digunakan yaitu 0,01 g, 0,05 g 0,1 g, 0,15 g dan 0,2 g dengan waktu kontak 5 menit. Hasil pengukuran pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5, Tabel 2, dan Tabel 3.



Gambar 5. Grafik hubungan massa adsorben dengan absorbansi

Tabel 2. Hubungan Variasi Massa Adsorben Terhadap Efisiensi Penyerapan Adsorbat

Massa adsorben (g)	% Removal adsorben non aktivasi	% Removal adsorben aktivasi HCl 2M
0,01	86,0290	88,4770
0,05	78,3354	87,4279
0,1	73,2646	81,3079
0,15	76,9365	82,1822
0,2	77,4611	83,0565

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin banyak massa adsorben untuk adsorpsi maka daya serap yang dihasilkan semakin besar. Hal tersebut terjadi karena massa adsorben sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben [21]. Bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben dipengaruhi oleh

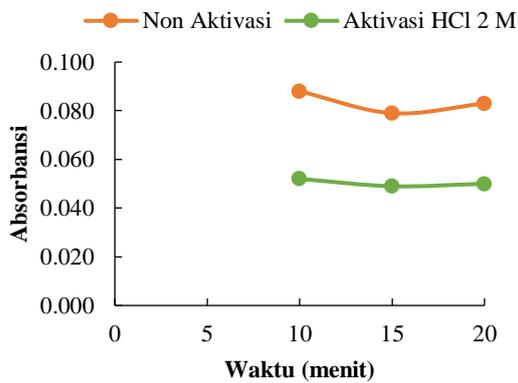
semakin kecilnya ukuran adsorben maka pori-pori pada adsorben akan bertambah banyak sehingga daya serap yang dihasilkan semakin besar [14].

Tabel 3. Hubungan variasi massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi

Massa adsorben (g)	Q _e adsorben non aktivasi (mg/g)	Q _e adsorben aktivasi HCl 2 M (mg/g)
0,01	85,8249	88,2671
0,05	15,6299	17,4441
0,1	7,3091	8,1115
0,15	5,1169	5,4658
0,2	3,8639	4,1430

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa pada massa adsorben 0,01 g nilai efisiensi penyerapan limbah daun kayu putih non aktivasi sebesar 86,0290% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 85,8249 mg/g, dan aktivasi HCl 2 M sebesar 88,4770% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 88,2671 mg/g. Hasil menunjukkan bahwa adsorben aktivasi HCl 2 M memiliki efisiensi penyerapan dan kapasitas adsorpsi yang besar. Hal tersebut terjadi karena HCl merupakan asam kuat yang dapat menghancurkan senyawa hemiselulosa pada selulosa, sehingga dapat menambah pori-pori pada adsorben [22].

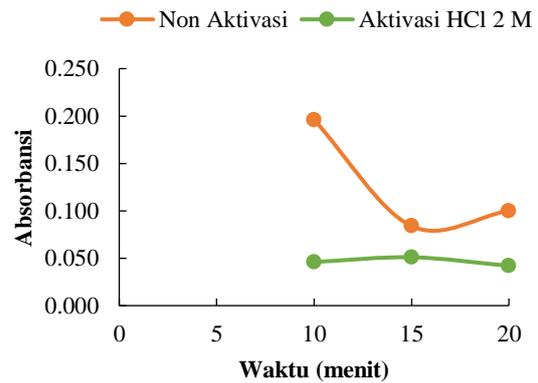
Penentuan Absorbansi Larutan Malachite Green terhadap Pengaruh Variasi Waktu Kontak



Gambar 6. Grafik hubungan waktu kontak dengan absorbansi pada dosis adsorben 0,05 g

Penelitian ini menggunakan adsorben dengan perlakuan adsorben non aktivasi dan adsorben aktivasi asam klorida (HCl) 2 M. Massa adsorben yang digunakan untuk analisis variasi waktu sebanyak 0,05 g dan 0,1 g. Variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 10 menit, 15 menit, dan 20

menit. Hasil pengukuran variasi waktu dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

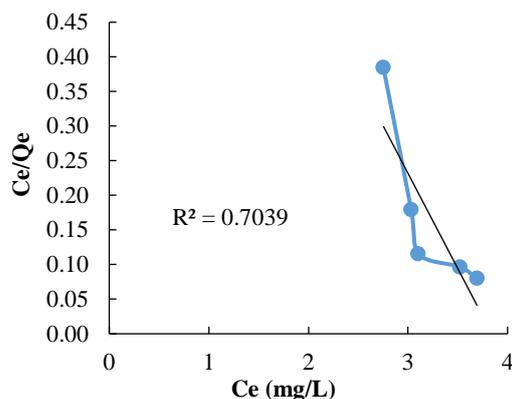


Gambar 7. Grafik hubungan waktu kontak dengan absorbansi pada dosis adsorben 0,1 g

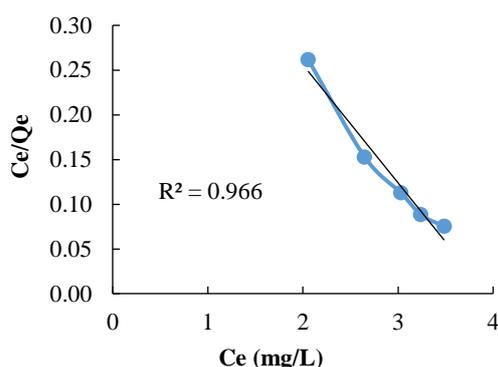
Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak maka nilai absorbansinya semakin turun. Hal tersebut terjadi karena semakin lama waktu kontak maka zat warna yang diserap oleh adsorben semakin banyak [14]. Peningkatan daya serap adsorpsi dapat dilakukan dengan proses aktivasi adsorben menggunakan larutan asam. Larutan asam yang digunakan yaitu HCl. HCl merupakan larutan asam kuat yang dapat digunakan untuk menghancurkan senyawa hemiselulosa yang terdapat pada selulosa [22]. Hal tersebut dapat menambah pori-pori pada adsorben sehingga meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat. Nilai absorbansi pada adsorben aktivasi asam lebih rendah dari adsorben non aktivasi. Maka adsorben limbah daun kayu putih dengan aktivasi asam dapat meningkatkan daya serap untuk proses adsorpsi.

Model Isoterm Adsorpsi Langmuir

Pada penelitian ini variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Adsorbat yang digunakan untuk adsorpsi sebanyak 50 mL dan adsorben yang digunakan sebanyak 0,05 g dengan waktu kontak selama 10 menit. Isoterm adsorpsi Langmuir menunjukkan bahwa proses adsorpsi berlangsung secara kimia. Grafik isoterm Langmuir dibuat dengan cara memplotkan C_e sebagai sumbu X dan C_e/Q_e sebagai sumbu Y. Berdasarkan grafik tersebut akan diperoleh persamaan y = ax + b dan R² [14]. Grafik isoterm langmuir adsorpsi zat warna malachite green dengan adsorben limbah daun kayu putih non aktivasi dan aktivasi asam klorida (HCl) 2 M dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Grafik isoterm adsorpsi pada adsorben non aktivasi



Gambar 9. Grafik isoterm adsorpsi pada adsorben aktivasi hcl 2 M

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai R^2 yang diperoleh adsorben non aktivasi sebesar 0,7039 dan aktivasi HCl 2 M sebesar 0,966. Hal tersebut menunjukkan bahwa adsorben yang sesuai dengan metode adsorpsi isoterm Langmuir yaitu adsorben dengan aktivasi HCl 2 M dan proses adsorpsi berlangsung secara kimia. Adsorben aktivasi HCl 2 M sesuai dengan metode adsorpsi isoterm langmuir karena nilai regresi (R^2) yang diperoleh lebih besar [14].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin banyak massa adsorben maka daya serap yang dihasilkan semakin besar. Efisiensi penyerapan yang dihasilkan oleh adsorben limbah daun kayu putih aktivasi asam klorida (HCl) 2 M lebih besar dibandingkan dengan adsorben non aktivasi dan adsorben non aktivasi yaitu sebesar 87,4279% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 87,2204 mg/g. Semakin lama waktu kontak yang diberikan maka absorbansi yang dihasilkan semakin menurun dikarenakan zat warna yang diserap semakin banyak. Aktivasi adsorben menggunakan larutan

HCl 2 M menyebabkan daya serap yang dihasilkan semakin besar karena proses aktivasi pada adsorben dapat membuat pori-pori pada adsorben bertambah. Adsorben limbah daun kayu putih dengan aktivasi asam lebih efektif untuk proses adsorpsi. Adsorben yang sesuai dengan model isoterm adsorpsi Langmuir adalah adsorben aktivasi HCl 2 M dengan R^2 sebesar 0,966 dan proses adsorpsi berlangsung secara kimia. Limbah daun kayu putih tersebut dapat digunakan sebagai adsorben tanpa proses karbonisasi, hanya perlu diberikan perlakuan aktivasi menggunakan larutan asam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala laboratorium dan laboran teknik kimia Universitas PGRI Madiun yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. Asmara, Y. L. Purnamadewi, S. Mulatsih, and T. Novianti, "Faktor - faktor yang memengaruhi perkembangan investasi pada industri Tekstil dan Produk Tekstil (TPT) Indonesia," *J. Manaj. Teknol.*, vol. 12, no. 2, 2013.
- [2] S. Srivastava, R. Sinha, and D. Roy, "Toxicological effects of malachite green," *Aquat. Toxicol.*, vol. 66, no. 3, pp. 319–329, 2004.
- [3] P. Atkins, *Kimia Fisika Jilid 2*, Ed. 4, Jakarta : Erlangga, 2013.
- [4] A. W. Adamson and A. P. Gast, *Physical Chemistry of Surfaces*, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1997.
- [5] P. Ramadhani, R. Zein, Z. Chaidir, Zilfa, and L. Hevira, "Pemanfaatan limbah padat pertanian dan perikanan sebagai biosorben untuk penyerap berbagai zat warna: suatu tinjauan," *J. Zarah*, vol. 7, no. 2, pp. 46–56, 2019.
- [6] I. Riwayati, N. Fikriyyah, and Suwardiyono, "Adsorpsi zat warna *methylene blue* menggunakan abu alang-alang (*Imperata cylindrica*) teraktivasi asam sulfat," *Inov. Tek. Kim.*, vol. 4, no. 2, pp. 6–11, 2019.
- [7] R. Helfiansah, H. Sastrohamidjojo, and Riyanto, "Isolasi, identifikasi dan pemurnian senyawa 1,8 sineol minyak kayu putih (*Malaleuca leucadendron*)," *ASEAN Journal of Systems Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 19–24, 2009.
- [8] E. Ghasemi and M. Kaykhaii, "Application of micro-cloud point extraction for spectrophotometric determination of malachite green, crystal violet and rhodamine B in aqueous samples,"

- Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 164, pp. 93–97, Jul. 2016.
- [9] L. A. M. Ali, A. S. Farhood, and F. F. Ali, “Technique of batch adsorption for the elimination of Malachite green dye from industrial waste water by exploitation walnut shells as sorbent,” *Indones. J. Chem.*, vol. 17, no. 2, pp. 211–218, 2017.
- [10] F. Sholehah, “Adsorpsi zat warna *malachite green* dan *congo red* dengan menggunakan silika mesopori MCM-48,” Tesis, Universitas Hasanuddin, Makasar, 2022.
- [11] H. Susanto, *Budidaya dan Penyulingan Kayu Putih*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.
- [12] N. Muharyani, “Potensi penanganan limbah daun kayu putih sisa penyulingan di PMKP Krai-Gundih,” *Risal. Kebijak. Pertan. DAN Lingkungan. Rumusan Kaji. Strateg. Bid. Pertan. dan Lingkungan.*, vol. 7, no. 1, pp. 28–36, 2020.
- [13] R. C. Bansal and M. Goyal, *Activated Carbon Adsorption*, Boca Ronton: CRC Press, 2005.
- [14] S. Harahap, “Pemanfaatan ampas tebu sebagai adsorben zat warna *methylene blue* dan *malachite green*”, Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2018.
- [15] Harminta, *Analisis Kuantitatif Bahan Baku Dan Sediaan Farmasi*, Edisi ke-1. Depok: Departemen Farmasi FMIPA-UI, 2006.
- [16] W. L. McCabe, J. C. Smith, and P. Harriott, *Unit Operations of Chemical Engineering*, 7th ed. New York: McGraw-Hill, Inc, 2005.
- [17] N. Nurhasni, F. Firdiyono, and Q. Sya’ban, “Penyerapan ion aluminium dan besi dalam larutan sodium silikat menggunakan karbon aktif,” *J. Kim. Val.*, vol. 2, no. 4, 2012.
- [18] D. H. A. Sudarni *et al.*, “Malachite green removal by activated potassium hydroxide clove leaf agrowaste biosorbent: characterization, kinetic, isotherm, and thermodynamic studies,” *Adsorpt. Sci. Technol.*, vol. 2021, 2021.
- [19] M. Shofiyuddin, “Adsorpsi malasit hijau menggunakan batang jagung termodifikasi asam sitrat dengan variasi pH,” *Antimicrob. Agents Chemother.*, vol. 58, no. 12, p. 49 pages, Nov. 2020.
- [20] D. Y. N. Kakame and A. D. Wuntu, “Degradasi dan adsorpsi zat warna *methylene blue* menggunakan komposit Ag-tulang ikan terkalsinasi,” *Chem. Prog.*, vol. 11, no. 2, pp. 58–62, 2019.
- [21] N. Nurhasni, H. Hendrawati, and N. Saniyyah, “Sekam padi untuk menyerap ion logam tembaga dan timbal dalam air limbah,” *J. Kim. Val.*, vol. 4, no. 1, 2014.
- [22] T. Huda and T. K. Yulitaningtyas, “Kajian adsorpsi *methylene blue* menggunakan selulosa dari alang-alang,” *IJCA (Indonesian J. Chem. Anal.*, vol. 1, no. 01, pp. 9–19, 2018.