

Kemampuan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati terhadap Penurunan Kandungan Timbal (Pb) pada Limbah Cair dengan menggunakan Sistem *Batch*

Rafli Puji Firmanto*, Rr. Diah Nugrahaeni Setyowati, dan Dedy Suprayogi

Teknik Lingkungan, Universitas Negeri Sunan Ampel Surabaya, Surabaya, Indonesia

*rafli.puji007@gmail.com

OPEN ACCESS

Citation: Rafli Puji Firmanto, Rr. Diah Nugrahaeni Setyowati, dan Dedy Suprayogi. 2021. Kemampuan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati terhadap Penurunan Kandungan Timbal (Pb) pada Limbah Cair dengan menggunakan Sistem *Batch*. *Journal of Research and Technology* Vol. 7 No. 2 Desember 2021: Page 197–206.

Abstract

Teakwood sawdust is a by product of the sawmilling process used by industry and wood enterprises. One way to put the garbage to good use is to use it as a raw material for creating adsorbents for adsorbing heavy metals in waste water. The goal of this study is to use a batch system to investigate the ability of teakwood sawdust to adsorb lead (Pb) in liquid waste and to establish the optimal adsorption isotherm modeling in the adsorption process for the processing of lead (Pb) heavy metal waste. This is an experimental study that uses a variety of adsorbent masses, including 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, and 5 gram, as well as a variety of adsorbent activation methods. According to the study's findings, variations in the mass of adsorbent used 4 gram resulted in average absorption of 81.14 percent and 94.15 percent, respectively, while variations in the adsorbent activation method with the activation process and variations in the adsorbent activation method without the activation process resulted in an average absorption of 81.14 % and 94.15 %. respectively, while the average value of the adsorption capacity in The adsorption model isotherm langmuir with R2 value of 0,6537 is suitable for the adsorption process employing teakwood sawdust adsorbent.

Keywords: Adsorbent, Adsorption Ability, Adsorption Model Isotherm, Lead (Pb), Teakwood Sawdust.

Abstrak

Serbuk gergaji kayu jati merupakan limbah hasil sisa dari proses pemotongan kayu dari industri ataupun usaha pengolahan kayu. Salah satu cara pemanfaatan limbah tersebut dengan digunakan sebagai bahan baku adsorben yang berguna untuk menyerap logam berat pada limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati terhadap logam timbal (Pb) pada limbah cair menggunakan sistem batch dan mengetahui permodelan isotherm adsorpsi yang sesuai dalam proses adsorpsi untuk pengolahan limbah logam berat timbal

(Pb). Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan variasi massa adsorben antara lain 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram, sedangkan variasi metode aktivasi adsorben antara lain adsorben dengan proses aktivasi dan tanpa proses aktivasi. Hasil penelitian menjelaskan bahwa pada variasi adsorben dengan proses aktivasi dan variasi adsorben tanpa proses aktivasi menghasilkan rata-rata penyerapan sebesar 81,14 % dan 94,15 % , Sedangkan rata-rata nilai kapasitas adsorpsi pada variasi metode aktivasi adsorben dengan proses aktivasi dan variasi metode aktivasi adsorben tanpa proses aktivasi masing-masing sebesar 0,802 mg/g dan 0,597 mg/g. Permodelan isoterm adsorpsi yang sesuai dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben serbuk gergaji kayu jati adalah model isoterm adsorpsi langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,6537.

Kata Kunci: Serbuk Gergaji Kayu Jati, Adsorben, Timbal (Pb), Kemampuan Adsorpsi, Isoterm Adsorpsi.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri dan aktivitas manusia telah meningkatkan pembuangan limbah cair yang mengandung logam berat ke dalam lingkungan. Logam berat merupakan salah satu jenis senyawa pencemar lingkungan yang paling banyak dijumpai dalam lingkungan perairan (Song, *et. al.*, 2017). Beberapa jenis logam berat yang dapat mencemari lingkungan salah satunya yaitu logam berat timbal (Pb), Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya standar minimum untuk logam timbal pada air limbah sebesar 0,1 mg/L hingga 1 mg/L apabila limbah yang mengandung logam berat tersebut tidak dilakukan pengolahan, maka dapat menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Metode pengolahan limbah cair yang dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi logam berat salah satu diantaranya adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses penyerapan partikel adsorbat pada permukaan adsorben yang dikarenakan terdapat proses gaya tarik menarik antara molekul padatan dengan material terserap ataupun melalui interaksi kimia (Astuti dan Kurniawan, 2015). Proses Adsorpsi memiliki kemampuan dalam menyerap adsorbat ataupun suatu senyawa pada bagian permukaan adsorben yang dapat berupa senyawa organik, zat warna, serta ion logam pada sebuah larutan (Dehghani et al, 2016). Salah satu adsorben yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati. Serbuk gergaji kayu jati memiliki potensi sebagai bahan penyerap (adsorben) logam berat dalam media air karena didalam serbuk gergaji kayu jati mengandung senyawa selulosa sehingga bisa menjadi suatu alternatif masalah pencemaran lingkungan (Harni, dkk., 2015).

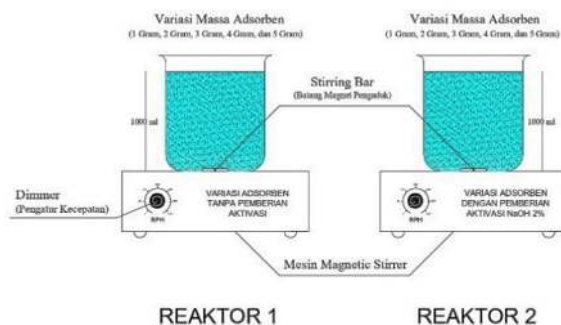
Tujuan Penelitian antara lain untuk mengetahui kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam menurunkan kandungan logam berat timbal (Pb) pada air limbah menggunakan sistem *batch* dan untuk menentukan permodelan isoterm adsorpsi yang sesuai

dalam proses adsorpsi untuk pengolahan limbah logam berat timbal (Pb) dengan variasi massa adsorben dan variasi metode aktivasi yang menggunakan sistem *batch*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan waktu uji sampel yang diberikan yaitu selama 10 hari uji, pengujian sampel dilakukan di Laboratorium PT. Envilab Indonesia yang terletak di Manyar Mas Karimun Industrial Business Park No B-35, Jalan Raya Manyar KM 11, Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61151. Metode pengumpulan data pada penelitian ini yaitu pengumpulan data secara kualitatif dengan data karakteristik fisik sampel (bentuk, warna, dan bau) dan pengumpulan data secara kuantitatif dengan data pengukuran nilai konsentrasi sampel berdasarkan SNI 06-6989.8:2004 tentang uji limbah timbal (Pb) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

Pada penelitian ini terdapat 2 variasi antara lain variasi massa adsorben (1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram) dan variasi metode aktivasi adsorben (Aktivasi Kimia dengan NaOH 2% dan Tanpa Aktivasi). Sedangkan untuk variasi kontrol pada penelitian ini antara lain limbah yang digunakan yaitu limbah artifisial timbal (Pb) dengan konsentrasi 20 ppm, dan sistem *batch* yang digunakan yaitu proses adsorpsi dengan cara pengadukan selama 120 menit dengan kecepatan 100 rpm menggunakan reaktor yang dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Reaktor *Batch*

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai bahan utama adsorben, NaOH 2% sebagai aktivator adsorben, larutan timbal (II) nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) sebagai limbah buatan (artifisial) logam berat timbal, air PDAM, dan Aquades. Sedangkan untuk peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas beaker, gelas ukur, spatula, saringan, ayakan, alat pengaduk (*magnetic stirrer*), oven, neraca analitik, dan spektrofotometer *Atomic Adsorption Spectrofotometer* (AAS).

Metode analisis data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan metode statistik secara deskriptif menggunakan metode regresi linier sederhana berdasarkan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir dan model isoterm adsorpsi freundlich yang diperoleh dari data kuantitatif yang berasal dari hasil konsentrasi limbah timbal (Pb) yang dilakukan sebelum dan setelah proses adsorpsi dengan pengulangan percobaan sebanyak 2 kali percobaan.

Analisis data menggunakan Metode Regresi Linier Sederhana berdasarkan Persamaan Model Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Model Isoterm Adsorpsi Freundlich menghasilkan garis linear regresi dari kurva kalibrasi yang paling linear dengan nilai konstanta regresi linear (R^2) yang berasal dari rumus persamaan masing-masing permodelan isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich. Rumus persamaan Model Isoterm Langmuir yang dijelaskan pada Persamaan 1 (Halimah, 2016).

$$\frac{C}{q_e} = \frac{1}{\alpha \cdot b} + \frac{1}{\alpha} C \quad (1)$$

Keterangan:

- q_e : Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
- α : Konstanta Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
- b : Konstanta Keseimbangan Adsorpsi (L/mg)
- C : Konsentrasi Akhir Adsorbat (mg/L)

Sedangkan Rumus persamaan model isoterm adsorpsi Model Freundlich yang dijelaskan pada Persamaan 2 (Halimah, 2016).

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

Keterangan:

- q_e : Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
- C_e : Konsentrasi Akhir (mg/L)
- K_f : Konstanta Kapasitas Adsorpsi Freundlich (mg/g)
- n : Faktor Intensitas Freundlich

3. Hasil dan Pembahasan

Kemampuan adsorben dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) dengan variasi aktivasi dan variasi massa adsorben dapat dilihat pada proses pengolahan limbah secara yang dilakukan pada penelitian ini. Pada penelitian ini proses adsorpsi limbah dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali dengan tujuan agar dapat menghasilkan data yang valid. Pada pengulangan percobaan 1 pada proses adsorpsi limbah artifisial timbal (Pb) dilakukan pada tanggal 17 April 2020, sedangkan untuk pengulangan percobaan 2 pada proses adsorpsi limbah artifisial timbal (Pb) dilakukan pada tanggal 18 April 2020.

Pada penelitian ini hasil dari proses pengolahan secara adsorpsi dilihat dari hasil pengamatan bentuk fisik sampel. Pada hasil pengamatan bentuk fisik sampel dibagi menjadi 3 pengamatan antara lain pengamatan pada sebelum pengolahan, pengamatan pada saat proses pengolahan, dan pengamatan pada sesudah pengolahan. Pada hasil pengamatan fisik dilihat dari bentuk sampel, warna sampel, dan karakteristik bau sampel limbah. Hasil pengamatan pada adsorben serbuk gergaji kayu jati pada sebelum pengolahan, saat proses pengolahan, dan sesudah pengolahan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Fisik Sampel Limbah Timbal

No	Variasi Adsorben	Hasil Pengamatan
1	Adsorben dengan Aktivasi NaOH 2%	Adsorben mudah larut kedalam larutan sampel
	Adsorben Tanpa Aktivasi NaOH 2%	Adsorben sulit larut didalam larutan sampel limbah
2	Adsorben dengan Aktivasi NaOH 2%	Adsorben menghasilkan warna cokelat ketika bercampur dengan sampel air limbah
	Adsorben Tanpa Aktivasi NaOH 2%	Adsorben tidak menghasilkan warna ketika bercampur dengan sampel air limbah
3	Adsorben dengan Aktivasi NaOH 2%	Beberapa sampel limbah mengeluarkan aroma bau khas dari pohon jati
	Adsorben Tanpa Aktivasi NaOH 2%	Semua sampel limbah tidak mengeluarkan bau

Pada percobaan ini hasil dari proses pengolahan secara adsorpsi dilihat dari hasil dari uji analisa kandungan logam berat timbal (Pb) menggunakan spektrofotometer AAS yang dilakukan di Laboratorium PT. Envilab Indonesia. Hasil dari pengujian sampel kontrol limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 2,360 mg/L untuk variasi adsorben dengan pemberian aktivasi NaOH 2%, sedangkan hasil dari pengujian sampel kontrol limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 1,625 mg/L untuk variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2%. Hasil dari sampel kontrol tersebut dapat dijadikan sampel C0 yang merupakan sampel sebelum diberi perlakuan, sedangkan hasil dari sampel yang diberi variasi perlakuan dijelaskan pada reaktor A untuk sampel dengan variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2% kemudian untuk sampel dengan variasi adsorben dengan pemberian aktivasi NaOH 2% dijelaskan pada reaktor B yang dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Limbah Artifisial Timbal (Pb)

Sampel	Satuan	Hasil Pengukuran Konsentrasi Limbah Timbal (Pb)	
		Reaktor A	Reaktor B
C0	mg/L	1,625	2,360
C1	mg/L	0,57	0,615
C2	mg/L	0,145	0,615
C3	mg/L	0,11	0,7
C4	mg/L	0,095	0,445
C5	mg/L	0,125	0,57

Keterangan:

Reaktor A = Variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2%

Reaktor B = Variasi adsorben dengan pemberian aktivasi NaOH 2%

C0 = Konsentrasi awal limbah timbal (Pb)

C1 = Konsentrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 1 gram

C2 = Konsentrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 2 gram

C3 = Konsentrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 3 gram

C4 = Konsentrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 4 gram

C_5 = Konsentrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 5 gram

Berdasarkan hasil pengujian kadar timbal (Pb) pada air limbah diketahui bahwa konsentrasi efluen hasil penyerapan pada reaktor A lebih besar daripada reaktor B dengan hasil antara 0,57-0,095 mg/L. Berdasarkan hasil konsentrasi tersebut dilakukan perhitungan nilai pengurangan limbah timbal (Pb) dengan Persamaan 3 (Mardiah, dkk., 2017).

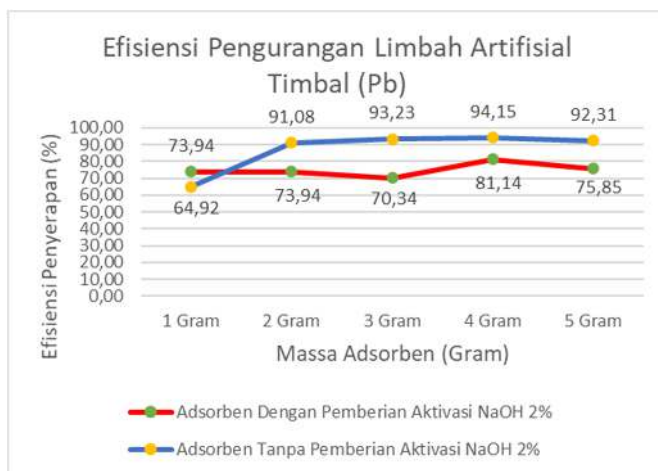
$$\text{Tingkat Removal (\%)} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

C_i : Nilai Konsentrasi Limbah Awal (mg/L)

C_e : Nilai Konsentrasi Limbah Akhir (mg/L)

Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi pengurangan limbah timbal (Pb) oleh reaktor A memiliki rata-rata penyerapan sebesar 87,14% dengan estimasi pengurangan timbal (Pb) pada reaktor A berkisar antara 64,92–94,15%. Sedangkan efisiensi pengurangan timbal (Pb) oleh reaktor B memiliki rata-rata penyerapan sebesar 75,04% dengan estimasi pengurangan timbal (Pb) berkisar antara 70,34–81,14%. Gambar 2 menunjukkan grafik efisiensi penyerapan timbal (Pb) pada reaktor A dan B.



Gambar 2. Grafik Efisiensi Pengurangan Limbah Artifisial Timbal (Pb)

Berdasarkan hasil konsentrasi yang dijelaskan pada Tabel 1 dan hasil efisiensi pengurangan limbah yang dijelaskan pada Tabel 2, selanjutnya hasil tersebut dilakukan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam pengurangan konsentrasi limbah artifisial timbal (Pb) berdasarkan Persamaan 4 (Kurniawan, 2015).

$$q_e = \frac{(C_i - C_e)}{m_{adsorben}} \times V \quad (4)$$

Keterangan:

q_e : Kapasitas Adsorpsi (mg/g)

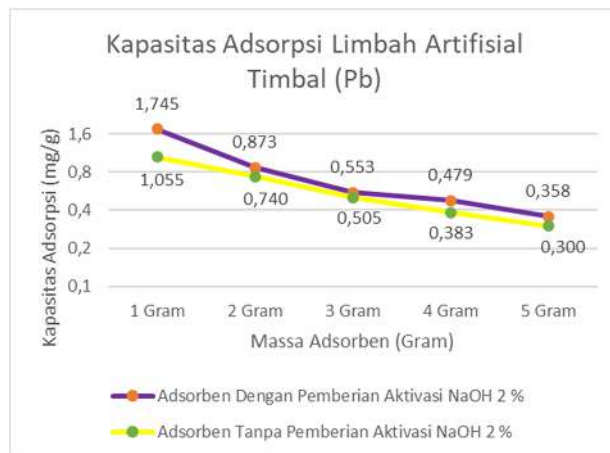
C_i : Nilai Konsentrasi Limbah Awal (mg/L)

C_e : Nilai Konsentrasi Limbah Akhir (mg/L)

m_{adsorben} : Massa Adsorben (g)

V : Volume Adsorbat (L)

Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam penyerapan kandungan limbah artifisial timbal (Pb) oleh reaktor A memiliki rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 0,597 mg/g dengan estimasi kapasitas adsorpsi pada reaktor A berkisar antara 0,3-1,055 mg/g, Sedangkan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam pengurangan konsentrasi limbah artifisial timbal (Pb) oleh reaktor B memiliki rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 0,802 mg/g dengan estimasi kapasitas adsorpsi berkisar antara 0,358-1,745 mg/g. Gambar 3 menunjukkan grafik efisiensi kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati pada reaktor A dan B.



Gambar 3. Grafik Kapasitas Adsorpsi Limbah Artifisial Timbal (Pb)

Berdasarkan hasil penelitian dapat dijelaskan bahwa adsorben serbuk gergaji kayu jati dengan perlakuan variasi aktivasi dan massa adsorben pada hasil analisa konsentrasi sampel limbah artifisial timbal (Pb) yang dilihat dari hasil pengukuran analisa konsentrasi akhir, hasil nilai efisiensi pengurangan konsentrasi limbah timbal, dan hasil nilai kapasitas adsorpsi. Hasil pengukuran analisa konsentrasi akhir yang dijelaskan pada Tabel 1 bahwa konsentrasi efluen hasil penyerapan pada reaktor A lebih besar daripada reaktor B dengan hasil antara 0,57-0,095 mg/L. Kedua reaktor sama-sama memiliki efluen dengan kadar timbal tertinggi pada C4 yaitu pada variasi massa adsorben sebesar 4 gram.

Hasil efisiensi pengurangan dijelaskan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa efisiensi pengurangan limbah timbal (Pb) oleh reaktor A memiliki rata-rata penyerapan sebesar 87,14% dengan estimasi pengurangan timbal (Pb) pada reaktor A berkisar antara 64,92–94,15%. Sedangkan efisiensi pengurangan timbal (Pb) oleh reaktor B memiliki rata-rata penyerapan sebesar 75,04% dengan estimasi pengurangan timbal (Pb) berkisar antara 70,34–81,14%.

Berdasarkan analisa data pada hasil tersebut dapat diasumsikan bahwa penggunaan variasi massa adsorben memiliki pengaruh pada peningkatan nilai pengurangan logam berat. Berdasarkan hasil analisis data tersebut dapat diasumsikan bahwa semakin besar pemberian massa adsorben maka pengurangan kandungan logam berat akan semakin besar, Hal ini

diperkuat oleh menurut Barros et al., (2003) dalam Siregar (2019) yang mengatakan bahwa ketika terjadi peningkatan dosis atau massa pada adsorben, maka akan terjadi peningkatan persentase efisiensi penyerapan dan penurunan kapasitas adsorpsi pada adsorben tersebut. Sedangkan untuk penggunaan variasi metode aktivasi tidak memiliki pengaruh dari adsorben yang diberi variasi pemberian aktivasi terhadap pengurangan kandungan logam berat timbal dikarenakan dari hasil data nilai pengurangan kandungan logam berat timbal pada adsorben dengan pemberian aktivasi memiliki nilai pengurangan kandungan logam berat timbal tidak sebesar dengan nilai pengurangan kandungan logam berat timbal dari adsorben tanpa pemberian aktivasi. Pada hasil nilai pengurangan kandungan logam berat timbal dari variasi adsorben dengan penambahan aktivasi yang tidak sebesar dengan variasi adsorben tanpa penambahan aktivasi dikarenakan terdapat beberapa kemungkinan diantaranya kurang maksimalnya kinerja dari zat aktivator dalam membantu adsorben menyerap kandungan logam berat timbal pada air limbah akibat dari pengambilan waktu yang terlalu cepat pada proses perendaman adsorben kedalam larutan aktivator NaOH sehingga proses pembentukan pori-pori pada adsorben menjadi kurang maksimal. Menurut Arif (2014) mengatakan bahwa waktu perendaman adsorben kedalam larutan aktivasi memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Jika waktu yang dibutuhkan terlalu sebentar, dikhawatirkan bahan aktivator tidak akan terlepas sempurna dari adsorben sedangkan apabila terlalu lama melakukan perendaman, maka struktur adsorben yang terkandung didalamnya akan rusak.

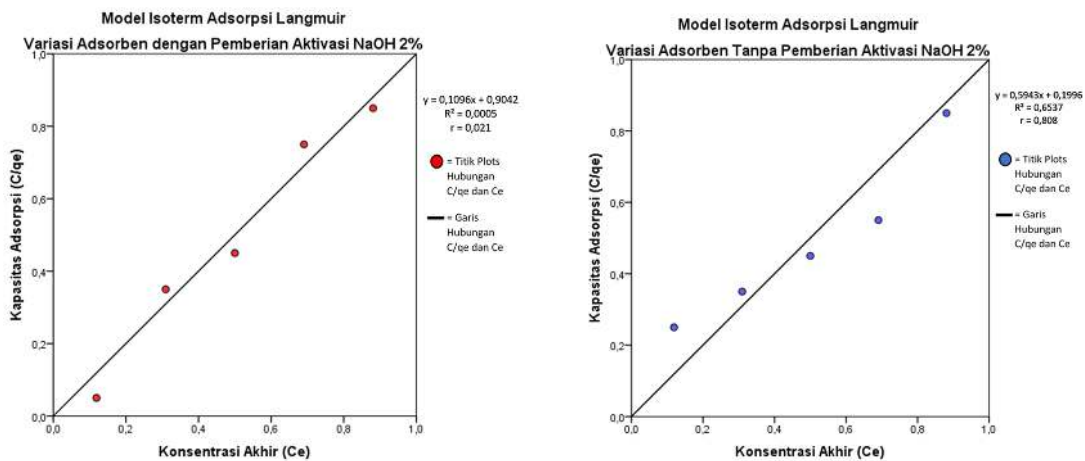
Hasil kapasitas yang dijelaskan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam penyerapan kandungan limbah artifisial timbal (Pb) oleh reaktor A memiliki rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 0,597 mg/g dengan estimasi kapasitas adsorpsi pada reaktor A berkisar antara 0,3-1,055 mg/g, sedangkan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam pengurangan konsentrasi limbah artifisial timbal (Pb) oleh reaktor B memiliki rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 0,802 mg/g dengan estimasi kapasitas adsorpsi berkisar antara 0,358-1,745 mg/g. Dari hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi limbah logam berat timbal yaitu semakin besar pemberian massa adsorben, maka kapasitas adsorpsi akan semakin menurun. Menurut Reyra, dkk (2017) mengatakan bahwa penurunan kapasitas adsorpsi disebabkan oleh adanya sisi aktif pada permukaan adsorben yang belum semuanya berikatan dengan adsorbat yang diserap. Kemudian Menurut Fengel and Gerd (1995) untuk bahwa pengaruh pemberian aktivasi pada adsorben terhadap kapasitas adsorpsi limbah logam berat timbal yaitu meningkatnya nilai kapasitas adsorpsi yang dipengaruhi oleh penggunaan aktivasi pada adsorben hal ini berdasarkan data penelitian yang menunjukkan adsorben dengan pemberian aktivasi memiliki nilai kapasitas adsorpsi lebih besar daripada adsorben tanpa pemberian aktivasi hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pemberian aktivasi dapat meningkatkan pori-pori pada permukaan adsorben yang digunakan untuk mengikat adsorbat dalam proses adsorpsi.

Hasil penelitian ini yaitu kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi logam berat timbal (Pb) pada air limbah menggunakan sistem *batch* dengan variasi penambahan massa adsorben dan variasi metode aktivasi yaitu adsorben dari limbah serbuk

gergaji kayu jati dapat mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) hingga mencapai 94,15 % dengan nilai kapasitas adsorpsi mencapai 1,745 mg/g. Selanjutnya data tersebut diuji regresi linear sederhana berdasarkan persamaan Model Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Model isoterm adsorpsi merupakan sebuah persamaan ketimbangan dalam proses adsorpsi yang berfungsi untuk mempelajari mekanisme adsorpsi dalam fase cair-padat pada umumnya mengikuti tipe isoterm Model Langmuir dan Freundlich (Halimah, 2016).

Tujuan penggunaan kesetimbangan model persamaan adsorpsi isoterm Freundlich dan Langmuir adalah untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan pada proses adsorpsi yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang dapat diadsorpsi oleh adsorben. Persamaan isoterm akan digunakan dalam penentuan konstanta kapasitas adsorpsi adsorben terhadap kandungan logam berat timbal (Pb), maka dapat dilakukan perhitungan dan pemasukan data menggunakan persamaan isoterm adsorpsi. Kemudian akan dipilih persamaan yang akan menghasilkan garis regresi yang paling linear dengan nilai konstanta regresi linear (R^2) yang terbesar atau yang mendekati nilai 1 (Arif, 2014).

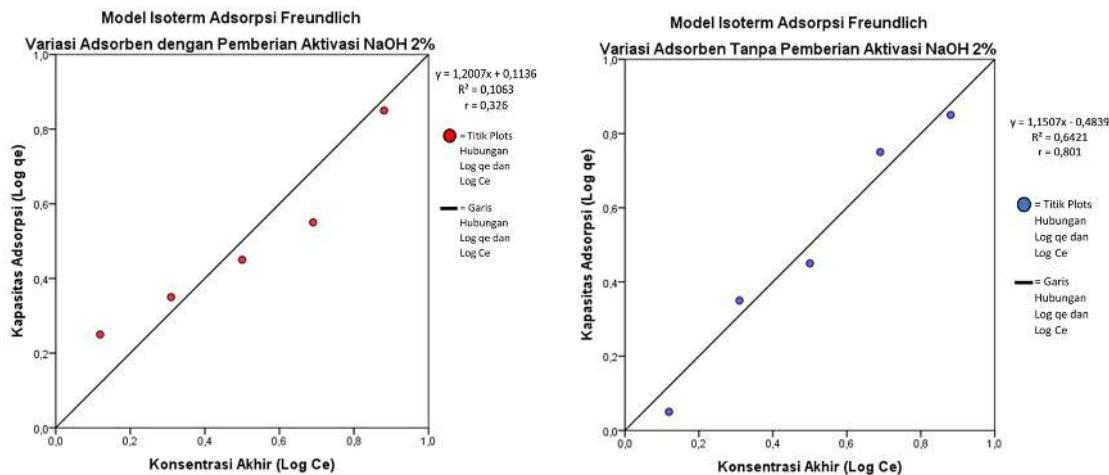
Pada penelitian ini untuk penentuan model isoterm adsorpsi yang sesuai pada proses adsorpsi yang dilakukan oleh adsorben serbuk gergaji kayu jati yang digunakan yaitu model isoterm adsorpsi langmuir dan model isoterm adsorpsi freundlich. Pada penentuan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir menggunakan uji regresi linear sederhana yang berasal dari kurva grafik persamaan model isoterm adsorpsi langmuir yang dimana kurva hubungan dari sumbu x berasal dari nilai C yang berasal data nilai konsentrasi akhir limbah timbal yang dipengaruhi oleh nilai C/q_e yang berasal dari data nilai kapasitas adsorpsi yang berada di sumbu y untuk menghasilkan garis regresi linear sederhana dan nilai regresi yang digunakan untuk menentukan permodelan yang sesuai pada adsorben serta menentukan nilai konstanta kapasitas adsorpsi maksimum pada masing-masing model isoterm adsorpsi. Pada grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan model isoterm langmuir yang dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Langmuir pada Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati

Berdasarkan Gambar 4 tentang kurva grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan model isoterm langmuir untuk variasi adsorben dengan pemberian aktivasi dan untuk variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi dari hasil tersebut menunjukkan persamaan pada model isoterm adsorpsi langmuir memiliki nilai konstanta regresi linear (R^2) tertinggi pada angka 0,6537 pada variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi. Nilai konstanta regresi linear (R^2) sebesar 0,6537 tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi maksimum dan nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi maksimum, Berdasarkan perhitungan tersebut mendapatkan hasil berupa nilai konstanta kapasitas adsorpsi sebesar 1,6827 mg/g, sedangkan untuk nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi langmuir sebesar 8,4301.

Pada penentuan persamaan Model Isoterm Adsorpsi Freundlich berasal dari nilai log data konsentrasi akhir limbah yang dinyatakan sebagai nilai Log C_e dan nilai log data kapasitas adsorpsi yang dinyatakan sebagai nilai Log q_e , dimana diperoleh grafik uji regresi linear sederhana yang berasal dari kurva grafik persamaan Model Isoterm Adsorpsi Freundlich yang merupakan kurva hubungan dari sumbu x berasal dari nilai Log C_e yang dipengaruhi oleh nilai Log q_e pada sumbu y untuk menghasilkan garis regresi linear sederhana yang dimana dari nilai regresi tersebut untuk menentukan permodelan yang sesuai pada adsorben serta menentukan nilai konstanta kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben serbuk gergaji kayu jati pada masing-masing model isoterm adsorpsi. Pada grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan Model Isoterm Freundlich yang dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Freundlich pada Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati

Pada Gambar 5 tentang kurva grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan Model Isoterm Langmuir untuk variasi adsorben dengan pemberian aktivasi dan untuk variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi dari hasil tersebut menunjukkan persamaan pada model isoterm adsorpsi langmuir memiliki nilai konstanta regresi linear (R^2) tertinggi pada angka 0,6421 pada variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi. Nilai konstanta regresi linear (R^2) sebesar 0,6421 tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi dan nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi maksimum,

Perhitungan persamaan Model Isoterm Adsorpsi Langmuir tersebut mendapatkan hasil berupa nilai n (konstanta faktor intensitas freundlich) sebesar 0,8690, sedangkan untuk nilai Kf (konstanta kesetimbangan adsorpsi freundlich) sebesar 0,3282. Hasil dari perhitungan berdasarkan permodelan isoterm adsorpsi freundlich menunjukkan bahwa adsorben serbuk dalam melakukan proses adsorpsi melalui proses mekanisme fisik yang dikenal sebagai gaya

van der waals. Hal ini dapat dilihat dari nilai n pada penelitian ini lebih kecil dari 1 (satu) dan diasumsikan bahwa adsorben menghasilkan energi adsorpsi yang kecil. Data perbandingan hasil masing-masing permodelan isoterm adsorpsi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Persamaan Regresi dan Nilai Konstanta Pemodelan Isoterm Adsorpsi

Variasi Adsorben	Model Isoterm Adsorpsi							
	Model Langmuir				Model Freundlich			
	Persamaan Regresi	Nilai α	Nilai b	Nilai R^2	Persamaan Regresi	Nilai n	Nilai K_f	Nilai R^2
Adsorpsi Limbah Artifisial Timbal (Pb)								
Variasi Adsorben dengan pemberian Aktivasi NaOH 2%	$y = 0,1096x + 0,9042$	9,124	10,09	0,0005	$y = 1,2007x + 0,1136$	0,833	1,3	0,1063
Variasi Adsorben Tanpa Pemberian Aktivasi NaOH 2%	$y = 0,5943x + 0,1996$	1,683	8,43	0,6537	$y = 1,1507x - 0,4839$	0,869	0,33	0,6421

Sumber: Data Primer Tahun 2020

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan hasil bahwa variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2% untuk penyisihan limbah artifisial logam berat timbal (Pb) pada kurva pola permodelan isotherm adsorpsi Langmuir menghasilkan persamaan garis linear regresi $y = 0,5943x + 0,1996$ dengan nilai R^2 sebesar 0,6537. Hasil nilai R^2 sebesar 0,6537 merupakan nilai regresi yang paling besar dan mendekati nilai konstanta regresi sebesar 1. Hasil regresi tersebut tidak mencapai nilai konstanta regresi dipengaruhi oleh jumlah persebaran data yang digunakan belum optimal, sehingga dapat diasumsikan bahwa persamaan model isotherm adsorpsi Langmuir yang paling sesuai untuk adsorben serbuk gergaji kayu jati sehingga bisa diasumsikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi pada adsorben yaitu adsorpsi kimia sehingga molekul senyawa limbah logam berat timbal (Pb) sudah dapat teradsorpsi semua hanya dengan membentuk satu lapisan (monolayer) di permukaan adsorben serbuk gergaji kayu jati. Menurut Siregar (2019) mengatakan bahwa persamaan model isotherm Langmuir diasumsikan mempunyai permukaan yang homogen dan hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul adsorbennya dan terbentuk satu lapisan tunggal (monolayer) saat adsorpsi maksimum. Adsorpsi dengan satu lapisan (monolayer) dapat terjadi karena empat ikatan kimia biasanya bersifat spesifik, sehingga permukaan adsorben dapat dengan mudah mengikat adsorbat melalui ikatan kimia (Halimah, 2016).

Permodelan Isotherm Adsorpsi Langmuir telah terjadi interaksi mekanisme adsorpsi secara kimia. Adsorpsi kimia merupakan mekanisme adsorpsi yang melalui proses interaksi yang lebih kuat antara adsorben dan adsorbat atau partikel terjerap yang menyebabkan adsorbat tidak bebas bergerak dari satu bagian ke bagian yang lain (Parker, 1993 dalam Siregar, 2019).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka diambil sebuah kesimpulan antara lain kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) pada air limbah menggunakan sistem *batch* dengan variasi penambahan massa adsorben dan variasi metode aktivasi yaitu adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dapat mengurangi hingga mencapai 94,15 % dengan nilai kapasitas adsorpsi mencapai 1,745 mg/g. Permodelan isoterm adsorpsi yang sesuai digunakan dalam pengolahan limbah logam berat timbal (Pb) menggunakan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati ini adalah Model Isotherm Adsorpsi Langmuir dengan nilai regresi (R^2) sebesar 0,6537.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, A. R. (2014). Adsorpsi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) terhadap Penurunan Fenol. *Skripsi Universitas Islam Negeri (Uin) Alauddin Makassar*, 1-77.
- Astuti, W. dan Kurniawan, B. (2015). Adsorpsi Pb^{2+} dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara Serbuk dan Granular. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan* 4 (1), 27-33.
- Dehghani, M. H., Sanaei, M., Ali, I., Bhatnagar, A. (2016). Removal of chromium (VI) from aqueous solution using treated waste newspaper as a low-cost adsorbent: Kinetic modeling and isotherm studies. *Journal of Molecular Liquids*, 671-679.
- Fengel, D. and Gerd, W. (1995). *Kayu, Kimia, Ultrastruktur, dan Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Halimah, S. N. (2016). Pembuatan dan Karakterisasi Serta Uji Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kemiri (*Aleurites Moluccana*) terhadap Metilen Biru. *Skripsi*, Universitas Lampung.
- Harni, M. R., Iryani, A., Affandi, H. (2015). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F.*) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Jurnal FMIPA Universitas Pakuan*, 1-9.
- Kurniawan, B. (2015). Adsorpsi Pb (II) dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara. *Skripsi*, Universitas Negeri Semarang.
- Mardiah, Herlenasari, Agustina, Mita, P. S. (2017). Pembuatan Adsorben dari Koran Bekas untuk Mengurangi Kadar Fe dan Cu dalam Air Limbah. *Journal of Chemical Process Engineering Vol.02, No.01, ISSN 2303-3401*, 16 - 23.
- Peraturan Perundangan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*
- Reyra, A. S., Daud, S., Yenti, S. R. (2017). Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jurnal Jom FTEKNIK Volume 4 No. 2*, 1-9.
- Siregar, K. N. (2019). Penyisihan Logam Berat Pb (II) dan Cd (II) dengan Adsorben yang Dibuat dari Serbuk Kayu yang Diaktivasi dengan H_3PO_4 . *Tugas Akhir Universitas Sumatera Utara*, 1-94.
- Song, M., Wei, Y., Cai, S., Yu, L., Zhong, Z., Jin, B. (2017). Study on Adsorption Properties and Mechanism of Pb^{2+} with Different Carbon Based Adsorbents. *Science of the Total Environment*, 1 - 7.