

MAKALAH PENDAMPING : PARALEL A



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA IV
"Peran Riset dan Pembelajaran Kimia dalam Peningkatan Kompetensi
Profesional"
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS
Surakarta, 31 Maret 2012



PEMANFAATAN SERBUK GERGAJI KAYU SENGON SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Pb^{2+}

Rina Rahayuningsih^{1*}, Endang Susilowati¹, dan Lina Mahardiani¹

¹Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*Keperluan korespondensi: rinarahayuningsih@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai adsorpsi ion logam Pb^{2+} menggunakan serbuk gergaji kayu teraktivasi. Ion logam Pb^{2+} merupakan ion logam berbahaya yang bersifat *toxic*. Di samping itu, produksi serbuk gergaji kayu, terutama serbuk gergaji kayu sengon semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kemajuan industri. Namun, serbuk gergaji tersebut belum dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh massa adsorben dan volume limbah cair terhadap banyaknya ion logam Pb^{2+} yang dapat diadsorpsi oleh serbuk gergaji kayu sengon. Perubahan struktur serbuk gergaji kayu sengon setelah diaktivasi menggunakan larutan NaOH dianalisis menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). Pada penelitian ini juga dilakukan penentuan pola isoterm dan mekanisme adsorpsi yang terjadi pada penyerapan ion logam Pb^{2+} . Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa massa adsorben dan volume limbah cair berpengaruh terhadap banyaknya ion logam Pb^{2+} yang dapat diadsorpsi oleh serbuk gergaji kayu sengon. Semakin besar massa adsorben serbuk gergaji kayu sengon yang digunakan, maka semakin besar daya adsorpsi ion logam Pb^{2+} , sedangkan semakin kecil volume limbah cair maka semakin besar daya adsorpsi ion logam Pb^{2+} . Serbuk gergaji kayu sengon yang telah diaktivasi menggunakan aktivator larutan NaOH 7% mempunyai karakter yang lebih baik daripada serbuk gergaji kayu sengon tanpa aktivasi. Mekanisme adsorpsi yang terjadi pada penyerapan ion logam Pb^{2+} oleh serbuk gergaji kayu sengon adalah adsorpsi kimia dan mengikuti persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dengan $R^2 = 0,868$ (variasi massa) dan $R^2 = 0,967$ (variasi volume).

Kata kunci: serbuk gergaji kayu sengon, adsorben, ion logam Pb^{2+}

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat diikuti dengan perkembangan industri yang semakin pesat pula, sehingga berdampak pada meningkatnya jumlah zat-zat buangan yang dihasilkan yang masuk ke perairan. Beberapa zat buangan yang masuk ke perairan adalah logam-logam berat. Logam-logam berat tersebut berbahaya bagi kesehatan manusia apabila telah melebihi ambang batas aman. Logam berat yang

berbahaya bagi manusia di antaranya adalah timbal (Pb), karena bersifat *toxic* (beracun). Kadar logam Pb dalam darah masih dianggap aman apabila kurang dari 0,4 $\mu\text{g/g}$ [1].

Pada umumnya proses yang dilakukan untuk menangani aliran limbah cair yang tercemar logam berat adalah pengendapan secara kimia, filtrasi membran, *ion exchange* dengan resin, dan adsorpsi dengan karbon aktif. Proses-proses tersebut biasanya menghabiskan biaya

yang relatif tinggi, sehingga tidak cocok untuk kebutuhan negara yang sedang berkembang, seperti negara Indonesia ini. Hal ini mendorong dilakukannya penelitian yang berfokus pada pengurangan kadar logam berat menggunakan biosorben dengan biaya yang cukup rendah [2].

Salah satu biosorben dari bahan alam yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu sengon. Serbuk gergaji kayu sengon merupakan jenis serbuk gergaji yang paling banyak dijumpai di dalam industri penggergajian kayu selain kayu jati. Serbuk gergaji kayu sengon merupakan hasil samping dari industri penggergajian kayu sengon yang masih mengandung komponen-komponen utama kayu yaitu selulosa dan lignin. Kedua komponen inilah yang berperan dalam proses adsorpsi untuk menyerap adsorbat logam-logam berat.

Telah dilakukan beberapa penelitian menggunakan serbuk gergaji sebagai adsorben. Untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi serbuk gergaji perlu dilakukan aktivasi terhadap adsorben tersebut, baik aktivasi fisika maupun aktivasi kimia. Salah satu aktivasi kimia terhadap serbuk gergaji untuk menyerap ion logam Cu^{2+} adalah melalui proses asetilasi sehingga diperoleh daya serap 16,84 mg/g adsorben [3]. Aktivasi kimia secara sulfonasi untuk menyerap ion logam Cu^{2+} terhadap serbuk gergaji juga telah dilakukan sehingga diperoleh daya serap 2,6243 mg/g adsorben [4]. Selain itu, juga telah melakukan aktivasi terhadap serbuk gergaji kayu mangga menggunakan larutan HCl untuk menyerap ion logam Zn^{2+} dan Cd^{2+} [5]. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan serbuk gergaji sebagai adsorben ion logam Pb^{2+} .

PROSEDUR PERCOBAAN

Bahan-bahan yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu sengon, akuades, larutan NaOH 7%, larutan HNO_3 p.a., dan larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Peralatan yang digunakan antara lain: neraca analitik, labu ukur, Erlenmeyer, pipet tetes, kaca arloji, kertas saring *Whatmann*, oven, *shaker*, *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS), dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR).

Pelaksanaan penelitian mula-mula serbuk gergaji kayu sengon dicuci menggunakan akuades sebanyak 3 kali lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah kering, serbuk gergaji diayak menggunakan ayakan 120 mesh sehingga diperoleh serbuk gergaji

yang berukuran seragam. Menimbang serbuk gergaji kayu sengon sebanyak 2 gram kemudian memasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi 100 mL larutan NaOH 7%, lalu dikocok menggunakan *shaker* selama 70 menit dengan kecepatan 100 rpm. Berikutnya adalah menyaring dan menetralkan adsorben serbuk gergaji menggunakan akuades, lalu mengeringkan kembali dalam oven.

Pada penentuan pengaruh massa adsorben terhadap daya adsorpsi, mula-mula mencampur sejumlah adsorben dengan 25 mL larutan Pb^{2+} 10 ppm, dimana variasi massa adsorben yang digunakan yaitu 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 gram. Selanjutnya mengaduk dengan *shaker* selama 60 menit dengan kecepatan 125 rpm. Campuran selanjutnya disaring dan diukur konsentrasi Pb^{2+} -nya menggunakan AAS.

Pada penentuan pengaruh volume limbah terhadap daya adsorpsi, ditimbang 0,9 gram adsorben lalu dicampur larutan Pb^{2+} dengan variasi volume 10, 20, 30, dan 40 mL. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit dengan kecepatan 125 rpm, lalu disaring dan diukur konsentrasi Pb^{2+} -nya menggunakan AAS.

Konsentrasi ion Pb^{2+} sisa yang ada dalam larutan ditentukan dengan bantuan kurva kalibrasi ion Pb^{2+} . Jumlah ion Pb^{2+} atau adsorbat yang terserap dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_e = \frac{C_o - C_e}{m} v$$

Dimana C_o = konsentrasi ion Pb^{2+} awal, C_e = konsentrasi ion Pb^{2+} sisa, v = volume larutan Pb^{2+} , dan m = massa adsorben. Data daya serap (Q_e) yang diperoleh digunakan untuk menentukan isoterm adsorpsi yang terjadi. Sementara itu, untuk mengetahui perubahan gugus fungsi serbuk gergaji sebelum dan setelah teraktivasi digunakan FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Daya Adsorpsi Ion Logam Pb^{2+}

Untuk mengetahui pengaruh massa adsorben terhadap daya adsorpsi, maka digunakan variasi massa yaitu 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 gram. Hasil penentuan pengaruh massa adsorben terhadap daya adsorpsi ion logam Pb^{2+} dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Dari Tabel 1 dan Gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin besar massa

adsorben maka semakin besar pula persentase Pb^{2+} yang terserap. Hal ini dikarenakan semakin besar massa adsorben maka semakin banyak gugus –OH dari selulosa serbuk gergaji kayu sengon. Dengan demikian semakin banyak pula ion logam Pb^{2+} yang terserap pada adsorben serbuk gergaji kayu sengon.

Penentuan Pengaruh Volume Limbah Terhadap Daya Adsorpsi Ion Logam Pb^{2+}

Untuk mengetahui pengaruh volume limbah terhadap daya adsorpsi, maka digunakan variasi volume yaitu 10, 20, 30, dan 40mL. Hasil penentuan pengaruh volume limbah terhadap daya adsorpsi ion logam Pb^{2+} dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Dari Tabel 2 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar volume limbah maka semakin kecil persentase Pb^{2+} yang terserap. Hal ini dikarenakan semakin kecil volume limbah cair simulasi maka semakin sedikit pula ion logam Pb^{2+} yang terkandung di dalamnya sehingga semakin banyak adsorbat yang terserap oleh serbuk gergaji.

Penentuan Isoterm Adsorpsi

Model isoterm Langmuir pada proses adsorpsi ion logam Pb^{2+} adalah sebagai berikut:

$Q_e = \frac{b \cdot K \cdot C_e}{1 + K \cdot C_e}$, dimana Q_e = kapasitas adsorpsi adsorben dan C_e = konsentrasi adsorbat pada keadaan setimbang.

Jika dibuat kurva $1/Q_e$ terhadap $1/C_e$ maka diperoleh persamaan garis lurus dengan slope = $1/b$, intersep = $(1/b)K$, dan $K = \text{intersep}/\text{slope}$. Dari Gambar 3 diperoleh persamaan $y = 294,3x - 45,08$, dimana slope = 294,3 maka $b = 0,0033978$ L/g = $3,33978 \times 10^{-3}$ L/g dan intersep = -45,08 maka $K = -0,153177$ L/g = $-1,53177 \times 10^{-1}$ L/g, serta $R^2 = 0,868$.

Sedangkan dari Gambar 4 diperoleh persamaan $y = 349,9x - 27,87$, dimana slope = 349,9 maka $b = 0,00285795$ L/g = $2,85795 \times 10^{-3}$ L/g dan intersep = -27,87 maka $K = -0,0796513$ L/g = $-7,96513 \times 10^{-2}$ L/g, serta $R^2 = 0,967$.

Model isoterm Freundlich pada proses adsorpsi ion logam Pb^{2+} adalah sebagai berikut:

$Q_e = K C_e^{1/n}$ dan $\log Q_e = \log K + 1/n \log C_e$.

Jika dibuat kurva $\log Q_e$ terhadap $\log C_e$, maka diperoleh persamaan garis lurus dengan slope = $1/n$ dan intersep = $\log K$. Dari Gambar 5 diperoleh persamaan $y =$

$13,29x - 10,84$ dimana slope = 13,29 maka $n = 0,07524$ dan intersep = -10,48 maka $K = 69.183.097.091,9$ serta $R^2 = 0,697$. Sedangkan dari Gambar 6 diperoleh persamaan $y = 2,388x - 3,356$ dimana slope = 2,388 maka $n = 0,41876$ dan intersep = -3,356 maka $K = 2.269,9$ serta $R^2 = 0,964$.

Dari Gambar 3 sampai Gambar 6, dapat diketahui bahwa model adsorpsi isoterm pada penyerapan ion logam Pb^{2+} oleh serbuk gergaji kayu sengon adalah model isoterm adsorpsi Langmuir karena nilai R^2 dari persamaan regresi linear isoterm Langmuir lebih besar daripada isoterm Freundlich baik variasi massa adsorben maupun variasi volume limbah.

Karakterisasi Serbuk Gergaji Kayu Sengon Menggunakan FTIR

Dari Gambar 7 dapat diketahui ada 3 macam spektra FTIR, yaitu spektra serbuk gergaji sebelum diaktivasi, setelah diaktivasi dengan NaOH 7%, dan setelah dikontakkan dengan ion logam Pb^{2+} . Ketiga spektra tersebut hampir sama, hanya terdapat perbedaan pada intensitas gugus –OH dan hilangnya gugus karbonil (C=O) pada serbuk gergaji setelah diaktivasi. Untuk spektra serbuk gergaji sebelum diaktivasi terdapat gugus –OH pada $3410,15 \text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas 10,848 dan setelah diaktivasi terjadi peningkatan intensitas menjadi 15,943. Hilangnya gugus C=O pada spektra ini dikarenakan gugus tersebut telah berinteraksi dengan NaOH dari aktivator. Sedangkan untuk spektra serbuk gergaji setelah dikontakkan dengan ion logam Pb^{2+} masih terdapat gugus –OH tetapi terjadi penurunan intensitas menjadi 12,977. Hal ini dikarenakan sebagian gugus –OH tersebut telah berinteraksi dengan ion logam Pb^{2+} .

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu: massa adsorben dan volume limbah cair berpengaruh terhadap banyaknya ion logam Pb^{2+} yang dapat diadsorpsi oleh serbuk gergaji kayu sengon. Semakin besar massa adsorben serbuk gergaji kayu sengon yang digunakan, maka semakin besar daya adsorpsi ion logam Pb^{2+} , sedangkan semakin kecil volume limbah cair maka semakin besar daya adsorpsi ion logam Pb^{2+} . Serbuk gergaji kayu sengon yang telah diaktivasi menggunakan aktivator larutan NaOH 7% mempunyai karakter yang lebih baik daripada serbuk gergaji kayu sengon tanpa aktivasi.

Mekanisme adsorpsi yang terjadi pada penyerapan ion logam Pb^{2+} oleh serbuk gergaji kayu sengon adalah adsorpsi kimia dan mengikuti persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dengan $R^2 = 0,868$ (variasi massa) dan $R^2 = 0,967$ (variasi volume).

Cair Cu^{2+} dengan Serbuk Gergaji Tersulfonasi. Makalah Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi. Yogyakarta: UGM.

[5] Qasimullah, dkk. 2011. *Role of Sawdust in Adsorption of Zn^{2+} and Cd^{2+} Ions from Aqueous System*. Hatam Publisher.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat selesai dengan baik karena bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala laboratorium pusat MIPA sublab kimia Universitas Sebelas Maret atas izinnya untuk menganalisis kadar logam dengan instrumen AAS dan kepala laboratorium pusat Universitas Gadjah Mada atas izinnya untuk melakukan karakterisasi gugus fungsi adsorben dengan instrumen FTIR.

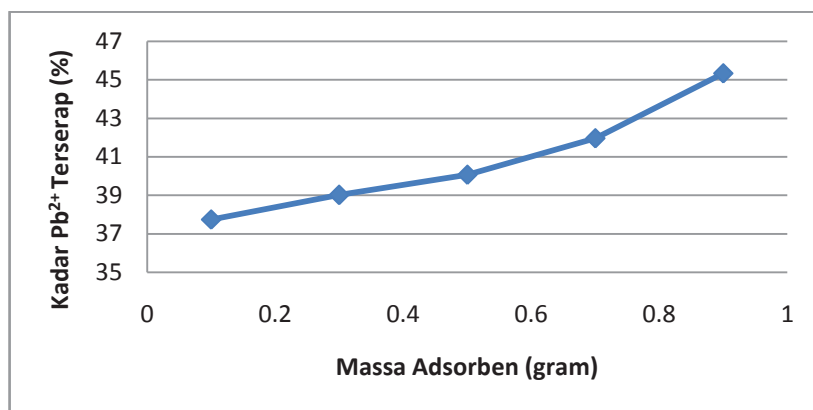
DAFTAR RUJUKAN

- [1] Ashadi. 2008. *Kimia Tentang Bumi dan Ruang Antariksa*. Surakarta: UNS Press.
- [2] Jihyun Lim, dkk. *Removal of Heavy Metals by Sawdust Adsorption: Equilibrium and Kinetics Studies*. Kongju: Kongju National University Korea.
- [3] Yusnimar, Edward H.S., Yelmida. 2009. *Keseimbangan Adsorpsi $Cu(II)$ pada Serbuk Gergaji Terasetilasi*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- [4] Sunarno, Utama P.S., dan Yekti S.R. 2004. *Studi Penjerapan Limbah*

LAMPIRAN

Tabel 1. Pengaruh massa adsorben terhadap daya adsorpsi ion logam Pb^{2+}

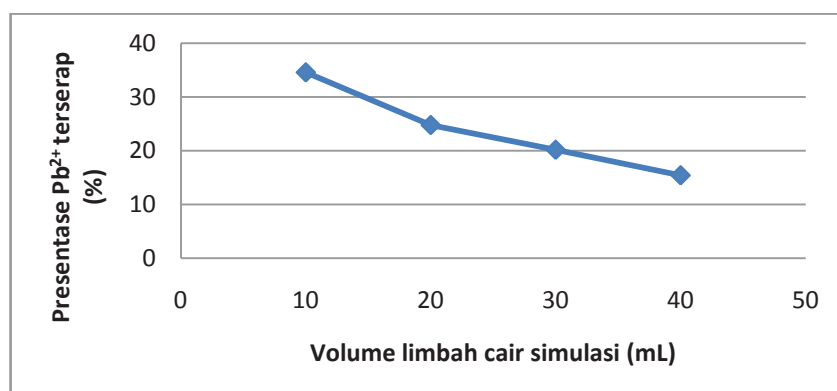
Massa Adsorben (gram)	Konsentrasi Awal Pb^{2+} (ppm)	Konsentrasi Akhir Pb^{2+} (ppm)	Konsentrasi Pb^{2+} Terserap (ppm)	Kadar Pb^{2+} Terserap (%)
0,1	10	6,2252	3,7748	37,748
0,3	10	6,0987	3,9013	39,013
0,5	10	5,9933	4,0067	40,067
0,7	10	5,8036	4,1964	41,964
0,9	10	5,4664	4,5336	45,336



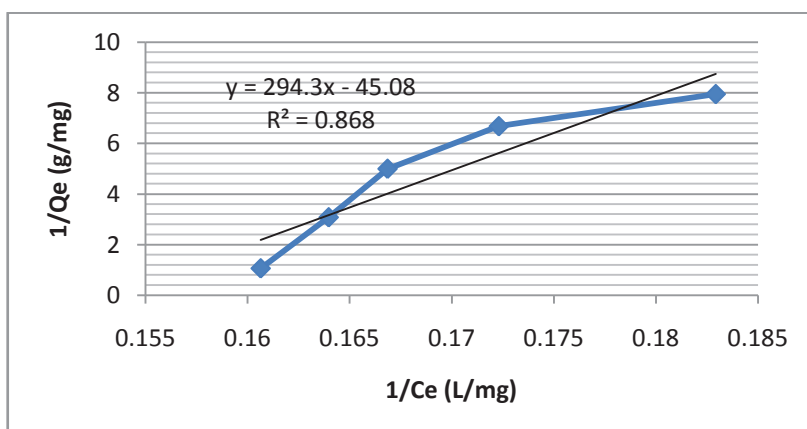
Gambar 1. Grafik pengaruh massa adsorben terhadap daya adsorpsi ion logam Pb²⁺

Tabel 2. Pengaruh volume limbah terhadap daya adsorpsi ion logam Pb²⁺

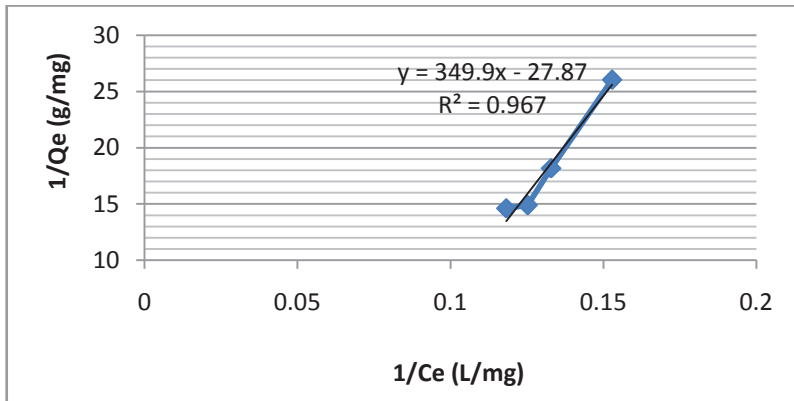
Volume Limbah Cair Simulasi (mL)	Konsentrasi Awal Pb ²⁺ (ppm)	Konsentrasi Akhir Pb ²⁺ (ppm)	Konsentrasi Pb ²⁺ Terserap (ppm)	Kadar Pb ²⁺ Terserap (%)
10	10	6,5423	3,4577	34,577
20	10	7,5238	2,4762	24,762
30	10	7,9844	2,0156	20,156
40	10	8,4599	1,5401	15,401



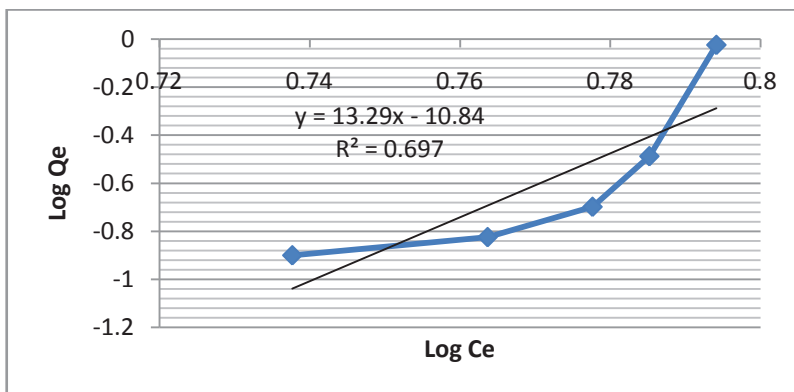
Gambar 2. Pengaruh volume limbah terhadap daya adsorpsi ion logam Pb²⁺



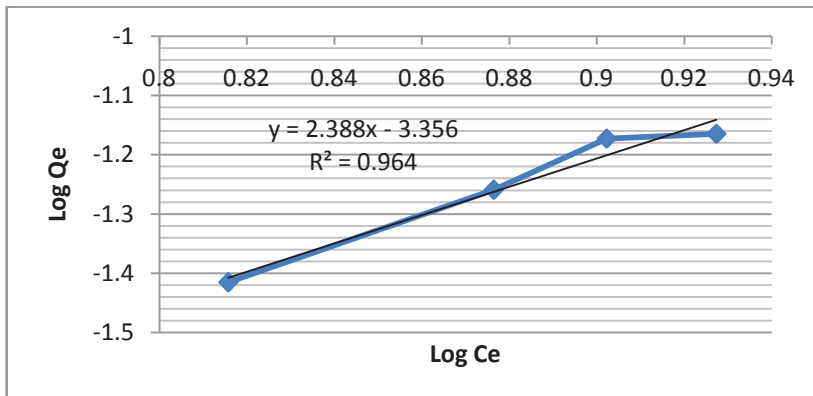
Gambar 3. Grafik pola isoterm Langmuir variasi massa adsorben



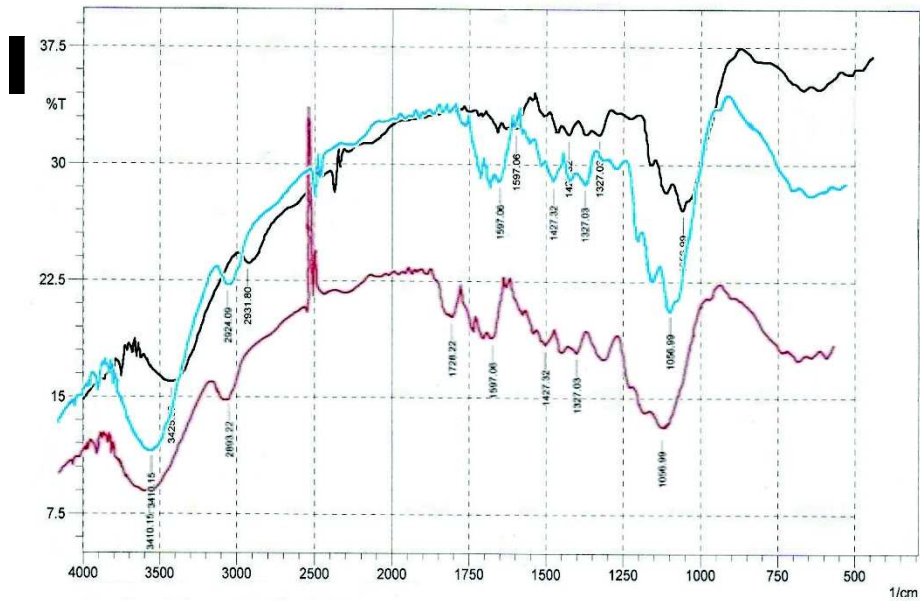
Gambar 4. Grafik pola isoterm Langmuir variasi volume limbah



Gambar 5. Grafik pola isoterm Freundlich variasi massa adsorben



Gambar 6. Grafik pola isoterm Freundlich variasi volume limbah cair simulasi



- : Serbuk gergaji tanpa aktivasi
- : Serbuk gergaji teraktivasi NaOH 7%
- : Serbuk gergaji dikontakkan logam Pb²⁺

Gambar 7. Spektra FTIR serbuk gergaji kayu sengon sebelum diaktivasi, setelah diaktivasi dengan larutan NaOH 7%, dan setelah dikontakkan dengan limbah cair simulasi mengandung ion logam Pb²⁺