

## PENURUNAN KADAR Cu DALAM LIMBAH CAIR INDUSTRI PERAK MENGGUNAKAN ADSORBEN ABU LAYANG

Giyatmi<sup>1)\*</sup>, Trisma Fallihah<sup>2)</sup>, Deni Swantomo<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN, Yogyakarta, email: giat\_78@yahoo.com

<sup>2)</sup> Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN, Yogyakarta, email: trisma.fallihah@gmail.com

<sup>3)</sup> Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN, email: deni@sttn-batan.ac.id

Jln Babarsari Yogyakarta 55281, telp (0274) 484085

\* Penulis Korespondensi: E-mail: giat\_78@yahoo.com

### Abstrak

Limbah cair industri perak dapat menyebabkan perubahan fisik dan kimia dalam lingkungan yang menerima limbah. Pencemaran yang terjadi dapat disebabkan adanya kandungan logam berat yang berada di dalam limbah cair industri perak tersebut, salah satunya yaitu logam tembaga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan abu layang sebagai adsorben dengan variasi waktu kontak, luas permukaan abu layang dari proses aktivasi, dan menentukan kinetika reaksi serta model isoterm adsorpsi. Sebelum digunakan untuk proses adsorpsi, dilakukan aktivasi abu layang terlebih dulu menggunakan NaOH 3N selama 6 jam pada variasi suhu 83 °C, 150 °C, 400 °C, dan 600 °C. Dari hasil pengukuran BET, luas permukaan paling tinggi terdapat pada abu layang yang diaktivasi dengan pemanasan 400 °C. Analisis kadar Cu dalam limbah cair industri perak diukur menggunakan AAS. Waktu kontak pada proses adsorpsi mempengaruhi penurunan kadar Cu dalam limbah, dengan waktu optimum 30 menit, dengan efisiensi penurunan kadar Cu mencapai 95.251 %. Semakin lama waktu kontak, semakin tinggi penurunan kadar Cu dalam limbah. Analisis kinetika proses adsorpsi diperoleh bahwa proses adsorpsi ini mengikuti reaksi orde 2, dengan persamaan kecepatan reaksi  $-r_A = 0,0360 C^2$ . Analisis model isoterm adsorpsi dilakukan berdasarkan model Langmuir, Freundlich dan Henry, berdasar hasil diketahui bahwa proses adsorpsi limbah perak mengikuti isoterm adsorpsi model Henry.

**Kata kunci:** Kata kunci : abu layang; adsorpsi; BET; tembaga (Cu).

## DECREASING OF Cu CONCENTRATION IN THE LIQUID WASTE SILVER INDUSTRY USING FLY ASH ADSORBENT

### Abstract

Silver industry waste liquid can cause physical and chemical changes in the environment that receive waste. Pollution that occurs can be caused by the metal content that is in the silver waste liquid, one of which is copper metal. The purpose of this research is to know the ability of fly ash as adsorbent with variation of time and the surface area of fly ash from the activation process, also to determine reaction kinetics and isotherm adsorption model. Before the adsorption process, fly ash was activated using NaOH for 6 hours at 83 °C, then heated at 150 °C, 400 °C, and 600 °C. From the BET measurements, the highest surface area is found on the fly ash which is activated by heating 400 °C. Analysis of Cu concentration in silver industrial liquid waste using Atomic Adsorption Spectrophotometry. The contact time on the adsorption process affected to decrease of Cu concentration, with optimum time of 30 minutes and efficiency of decreasing Cu concentration reaching 95.251%. The kinetics analysis of the adsorption it is obtained that the adsorption process follows the 2nd order reaction, with the reaction rate equation  $-r_A = 0.0364 C_A^2$ . The analysis of the adsorption model was based on the Langmuir, Freundlich, and Henry models. From this research is known that silver waste adsorption process follows Henry's isotherm adsorption model.

**Keywords :** adsorption; BET; copper; fly ash.

## PENDAHULUAN

Daerah Kotagede merupakan kawasan pusat kerajinan perak di Yogyakarta. Hampir sebagian besar warga Kotagede mencari nafkah dari hasil kerajinan perak. Menurut Andaka (2008), industri kerajinan Kotagede Yogyakarta meliputi berbagai proses yang menghasilkan air buangan yang dapat mencemari lingkungan. Air buangan industri perak berupa larutan yang terdiri dari campuran polutan, air, dan asam. Polutan tersebut dapat mengandung beberapa logam berat antara lain seng, (Zn), tembaga (Cu), perak (Ag), kromium (Cr), dan timbal (Pb). Limbah tersebut dihasilkan dari proses pelapisan logam dan proses perendaman dengan tawas, asam klorida atau asam sulfat sebagai pelarut untuk menghilangkan perak maupun limbah padat yang berasal dari pengikatan perak dan tembaga. Logam berat yang terakumulasi di lingkungan dapat masuk ke dalam rantai makanan yang dapat menyebabkan keracunan beberapa organisme hidup termasuk manusia, terutama yang mengkonsumsi air yang tercemar tersebut. Berdasarkan penelitian Sekarwati (2015) kadar logam berat dalam limbah cair industri perak Kotagede yang paling tinggi adalah kadar tembaga (Cu) yaitu 84.93 mg/l. Kadar logam Cu tersebut jauh melebihi ambang batas yang ditentukan oleh pemerintah daerah Yogyakarta, dimana baku mutu air limbah (PerGub DIY No.7 Tahun 2010) untuk kadar tembaga (Cu) adalah 0.6 mg/l. Logam Cu merupakan kelompok logam berat yang memiliki toksisitas tinggi. Kadar Cu dalam jumlah yang tepat dapat berperan sebagai *trace element* yang dibutuhkan makhluk hidup, akan tetapi jika kadar Cu berlebihan maka dapat merusak dan membunuh sel hidup (Sekarwati,2015). Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menurunkan kadar logam berat antara lain presipitasi, elektrolisis, dan adsorpsi. Metode yang paling banyak digunakan adalah metode presipitasi (pengendapan), yaitu dengan cara mereaksikan limbah buangan yang mengandung logam berat dengan suatu bahan kimia pengendap. Kelemahan metode ini berupa adanya penambahan pereaksi kimia dan dapat menimbulkan pencemaran lanjutan. Metode elektrolisis merupakan metode yang paling efektif dengan hasil kemurnian yang tinggi, tetapi memerlukan biaya yang relatif mahal.

Sedangkan metode adsorpsi merupakan metode  
Sedangkan metode adsorpsi merupakan metode penyerapan senyawa menggunakan zat penjerap (adsorben) (Handoko,C.T, Yanti T.B, Syadiyah H, &Marwati,S, 2013). Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat pada suatu padatan (adsorben). Pada proses adsorpsi terjadi pencampuran limbah perak dan abu layang, dalam campuran tersebut terdapat bahan terdispersi berupa limbah perak dan fasa kontinyu berupa abu layang (adsorben). Dalam pencampuran menghasilkan campuran berbentuk suspensi heterogen yang mudah dipisahkan sehingga dapat dinilai efektif dan efisien dalam menanggulangi limbah cair perak (Basuki,K.T. 2014) .

Abu layang (*fly ash*) merupakan limbah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berbahan bakar batubara dan dikategorikan sebagai limbah berbahaya oleh Bapedal (Giyatmi, Fazliyana. 2018) . Abu layang yang berasal dari PLTU Tanjung Jati B Jepara sebagian besar tersusun atas silika ( $\text{SiO}_2$ ) sebesar 61,17 % dan Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sebesar 7.50 %, sedangkan sisanya terdiri dari unsur- unsur lain seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , CaO, MgO,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , dan lainnya. Adanya kandungan silica dan alumina yang cukup besar, memungkinkan abu layang untuk dimanfaatkan sebagai adsorben (Giyatmi, Fazliyana. 2018) . Penggunaan *fly ash* sebagai adsorben dilakukan proses aktivasi terlebih dahulu, proses aktivasi ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang menutupi permukaan abu layang, yang diikuti dengan proses pemanasan. Proses pemanasan tersebut dapat memperluas pori-pori adsorben dan meningkatkan luas permukaan abu layang, sehingga kapasitas penyerapannya dapat meningkat pula (Irawan,C,Dahlan B, & Nawang R.2015). Metode aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah memanaskan campuran abu layang dengan larutan alkali NaOH dengan berbagai variasi suhu. Aktivasi yang dilakukan secara termal dan kimia tersebut bertujuan untuk memperbaiki struktur dan luas permukaan spesifik abu layang sehingga aktif sebagai adsorben (Nurhayati.N,Yuli.S.2013). Dari proses aktivasi, akan diperoleh abu layang teraktivasi yang memiliki permukaan kasar. Peningkatan kekasaran permukaan abu layang

berpengaruh pada meningkatnya sejumlah situs aktif pada abu layang (Vista .M, Chelaru. A.M, 2014).

Model kinetika adsorpsi dengan menggunakan persamaan kinetika reaksi orde satu dan orde dua. Pada reaksi orde 1 persamaan kecepatan reaksi mengikutipersamaan 1 (Kundari,N.A. 2015).

$$-r_A = \frac{dC_A}{dt} = -kC_A^n \quad (1)$$

dengan  $C_A$  : konsentrasi A dalam larutan pada waktu  $t$ ,  $k$  : konstanta kecepatan reaksi, dan  $n$  : orde reaksi. Persamaan 1 jika diintegrasikan maka diperoleh persamaan 2.

$$\ln C_A = \ln C_{A0} - kt \quad (2)$$

dengan  $C_{A0}$  adalah konsentrasi awal A dalam larutan. Sehingga dapat dibuat grafik linier dengan sumbu y adalah  $\ln C_A$  sedangkan sumbu x adalah waktu. Berdasarkan persamaan garis lurus yang dihasilkan, dapat ditentukan nilai konstanta kecepatan reaksi, yang merupakan slope dari persamaan linier tersebut. Jika reaksi orde 2, maka persamaan 1 diintegrasikan menjadi persamaan 3.

$$\frac{1}{C_{At}} = \frac{1}{C_{A0}} + kt \quad (3)$$

sehingga dapat dibuat grafik hubungan  $1/C_A$  terhadap waktu, dan diperoleh garis lurus dengan sumbu y adalah  $1/C_A$  dan sumbu x adalah waktu. Berdasarkan persamaan garis lurus yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan konstanta kecepatan reaksi ( $k$ ) dari slope persamaan linier tersebut.

Model Isoterm Adsorpsi, kesetimbangan adsorpsi terjadi apabila larutan dikontakkan dengan adsorben padat, dan molekul dari adsorbat berpindah dari larutan ke padatan sampai konsentrasi adsorbat pada padatan dalam keadaan setimbang. Data kesetimbangan yang dihasilkan pada temperatur konstan disebut adsorpsi isotermis. Untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi dapat dilakukan dengan pengukuran konsentrasi adsorbat pada awal kesetimbangan (Kundari, N.A. 2015).

Pada penelitian ini digunakan model isoterm Langmuir, Freundlich, dan Henry (Klaus, Christmann. 2013). Model Langmuir menyatakan adsorben mempunyai permukaan yang homogen, energi adsorpsi konstan di semua sisi. Secara matematis, adsorpsi isotherm Langmuir berdasarkan persamaan 4.

$$Q_e = \frac{q_{max} \cdot b \cdot C_e}{1 + bC_e} \quad (4)$$

Persamaan tersebut disederhanakan menjadi persamaan linier pada persamaan 5.

$$\frac{1}{Q_e} = \left[ \frac{1}{b \cdot q_{max}} \right] \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_{max}} \quad (5)$$

dengan :  $Q_e$  = jumlah Cu yang terserap per satuan adsorben (mg/g),  $C_e$  = konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam kesetimbangan (mg/l),  $q_{max}$  = kapasitas monolayer adsorben (mg/g), dan  $b$  = konstanta kesetimbangan.

Model Isoterm Freundlich didasarkan bahwa adsorben mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda. Persamaan isotherm Freundlich terdapat pada persamaan 6.

$$Q_e = b \cdot C_e^{1/n} \quad (6)$$

Persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi persamaan linier pada persamaan 7.

$$\log(Q_e) = \log(b) + \frac{1}{n} \log(C_e) \quad (7)$$

dengan,  $Q_e$  = banyaknya zat terlarut yang teradsorpsi (g),  $C_e$  = konsentrasi dari adsorbat yang tersisa dalam kesetimbangan (g/l),  $b, n$  = konstanta adsorben. Model Isoterm Henry menyatakan bahwa korelasi kesetimbangan untuk sistem ideal dan larutan yang cukup encer. Adsorpsi pada konsentrasi-konsentrasi rendah mengikuti hukum Henry. Model isotherm Henry terdapat pada persamaan 8.

$$Q_e = H \cdot C_e \quad (8)$$

dengan  $Q_e$  = jumlah adsorbat yang teradsorpsi di permukaan,  $C_e$  = konsentrasi adsorbat, dan  $H$  = konstanta isotherm Henry.

Penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh suhu aktivasi terhadap luas permukaan abu layang, pengaruh waktu pengadukan dan luas permukaan abu layang terhadap penurunan kadar logam Cu, model kinetika adsorpsi serta model isotherm adsorpsi logam Cu dalam limbah cair industri perak menggunakan adsorben abu layang. Sedangkan tujuannya untuk mengetahui kemampuan abu layang sebagai adsorben dengan variasi waktu kontak, luas permukaan abu layang dari proses aktivasi, dan menentukan kinetika reaksi serta model isotherm adsorpsi.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang akan digunakan meliputi abu layang dari PLTU Tanjung Jati B Jepara, limbah cair industri perak Kotagede, NaOH 3 N, aquadest,  $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ , dan kertas saring Whatman ukuran 42.

## Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat-alat gelas, neraca analitik, oven, furnace, stopwatch, cawan porselen, kompor listrik, pengayak, thermometer, magnetic strirer, Brunauer Emmett Teller (BET) dan spektrofotometri serapan atom (AAS).

## Pembuatan Biochar (Metode penelitian)

### Pengambilan Sampel.

Pengambilan sampel limbah dilakukan dengan mengambil secara langsung limbah yang keluar dari proses industri perak Kotagede. Sedangkan pengambilan sampel abu layang dilakukan dengan cara pengambilan langsung dari limbah abu layang PLTU Tanjung Jati B Jepara.

### Proses Aktivasi Abu Layang.

Sebanyak 50 gram abu layang dicampurkan dengan 250 ml larutan NaOH 3 M. Campuran tersebut kemudian direfluks selama 6 jam dengan suhu dijaga 80-90 °C. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring Whatman ukuran 41. Residu yang dihasilkan dikeringkan pada suhu bervariasi, yaitu suhu 150°C, 400 °C, dan 600 °C. Abu layang teraktivasi yang telah kering diayak dengan ukuran mesh + 120. Abu layang sebelum aktivasi dan setelah aktivasi dianalisis menggunakan BET untuk mengetahui perubahan luas permukaannya. Abu layang dengan luas permukaan yang paling tinggi digunakan untuk uji adsorpsi pada limbah cair industri perak

### Uji Adsorpsi pada Limbah

Sebanyak 1 gram abu layang teraktivasi dicampurkan dengan 100 ml limbah cair industri perak. campuran tersebut diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan pengadukan skala 4. Dalam uji adsorpsi dilakukan 2 variasi, yaitu waktu pengadukan dan variasi suhu aktivasi abu layang. Waktu pengadukan divariasikan selama 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap proses adsorpsi. Sedangkan abu layang yang digunakan sebagai adsorben adalah abu layang sebelum dan setelah diaktivasi dan dipanaskan pada suhu 150 °C, 400 °C, dan 600 °C untuk mengetahui pengaruh perlakuan aktivasi terhadap proses adsorpsi. Selanjutnya larutan didiamkan selama 30 menit dan disaring menggunakan

kertas saring whatman ukuran 42. Larutan yang telah disaring diukur menggunakan instrumen AAS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Aktivasi pada Luas Permuakaan Abu Layang.

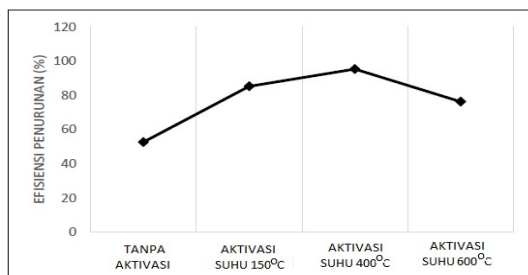
Proses aktivasi bertujuan untuk menghancurkan lapisan permukaan partikel abu layang yang rapat dan stabil, sehingga gugus aktif didalamnya dapat keluar ke permukaan abu layang. Penambahan NaOH yang bersifat basa kuat, dapat mengubah komposisi abu layang dengan cara merusak lapisan luar abu layang. Tingginya konsentrasi OH menyebabkan rantai glassy silica-alumina pada abu layang cepat rusak (Mahatmanti, W. Widi A. 2010). Pemanasan yang dilakukan pada proses aktivasi bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori abu layang serta meningkatkan luas permukaannya. Pemanasan dapat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka, sehingga akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat. Hasil pengukuran luas permukaan abu layang tanpa aktivasi dan yang teraktivasi pada beberapa suhu, seperti pada Tabel 1. Pada saat pemanasan abu layang teraktivasi, terjadi proses reduksi permukaan bebas partikel dan terdapat dua mekanisme, yaitu pengkasaran (*coarsening*) dan pemadatan (*desification*). Proses pengkasaran memiliki kecenderungan untuk meningkatkan ukuran rata-rata partikel, dimana porositas maupun butir akan mengalami pertumbuhan dan bertambah besar. Sehingga yang terjadi pada saat pemanasan abu layang pada suhu 150 °C dan 400 °C merupakan proses pengkasaran. Sedangkan proses densifikasi menyebabkan penyusutan dan hilangnya pori, sehingga luas permukaannya menurun, seperti yang terjadi pada saat pemanasan pada suhu 600 °C.

**Tabel 1.** Luas Permukaan Abu Layang Teraktivasi.

No.	Aktivasi	Surface Area
(m <sup>2</sup> /g)		
1	Tanpa Aktivasi	0,243
2	Aktivasi suhu 150°C	13,093
3	Aktivasi suhu 400°C	18,154
4	Aktivasi suhu 600°C	10,847

### Pengaruh Aktivasi pada Uji Adsorpsi

Uji adsorpsi dilakukan menggunakan abu layang sebelum dan setelah aktivasi, dengan tujuan untuk membandingkan efisiensi penjerapan pada masing-masing abu layang. Abu layang yang digunakan sebagai adsorben adalah abu layang tanpa aktivasi, dan abu layang teraktivasi pada suhu 150 °C, suhu 400 °C, dan suhu 600 °C. Data perbandingan yang digunakan adalah konsentrasi Cu sisa yang terlarut dalam limbah yang telah dilakukan penjerapan. Hasil pengukuran penurunan konsentrasi logam Cu dalam limbah dengan proses adsorpsi menggunakan abu layang terdapat pada Gambar 1 menunjukkan bahwa efisiensi penurunan kadar Cu tertinggi pada proses adsorpsi menggunakan abu layang dengan aktivasi pemanasan pada suhu 400 °C yaitu 95,24 %. Berdasarkan pengukuran luas permukaan, abu layang teraktivasi dengan pemanasan suhu 400 °C memiliki luas permukaan tertinggi, sehingga daya penjerapannya tinggi pula. Sedangkan pada proses adsorpsi menggunakan abu layang teraktivasi pada suhu 600 °C terjadi penurunan efisiensi adsorpsi. Hal ini disebabkan adanya perbedaan luas permukaan adsorben, dimana semakin besar luas permukaan adsorben, maka daya penjerapan semakin besar. Sedangkan semakin kecil luas permukaan adsorben, maka daya penjerapannya semakin kecil pula. Oleh karena itu, proses adsorpsi selanjutnya menggunakan abu layang dengan aktivasi dan pemanasan pada suhu 400 °C sebagai adsorben.

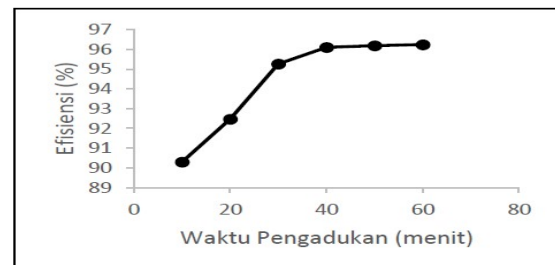


Gambar 1. Efisiensi adsorpsi dengan variasi aktivasi abu layang.

### Pengaruh Waktu Pengadukan pada Uji Adsorpsi.

Proses adsorpsi logam Cu dalam limbah cair industri perak Kotagede semakin efektif jika dilakukan pada waktu kontak optimum. Waktu kontak adsorpsi optimum dapat ditentukan dengan cara uji adsorpsi pada waktu pengadukan yang bervariasi. Variasi

waktu pengadukan dilakukan pada 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit. Perlu diketahui bahwa konsentrasi awal logam Cu dalam limbah cair industri perak sebesar 10.739 ppm. Data hasil pengukuran konsentrasi sisa Cu dalam limbah setelah dilakukan adsorpsi terdapat pada Gambar 2. Waktu kontak optimum ditentukan dengan mengetahui efisiensi penurunan kadar logam Cu tertinggi. Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa pada waktu pengadukan 10 menit sampai 30 menit, terjadi perbedaan efisiensi penurunan yang cukup besar. Sedangkan pada waktu pengadukan 30 menit sampai 40 menit, terjadi perbedaan efisiensi penurunan yang tidak terlalu tinggi, sebesar 0,85 %, dan penurunan kadar Cu mulai konstan pada waktu pengadukan selama 40 menit sampai 60 menit. Hal ini disebabkan oleh semakin lama waktu kontak adsorben dengan limbah, maka semakin banyak partikel-partikel abu layang yang bertumbukan dan berinteraksi dengan logam Cu yang terlarut dalam limbah. Pada waktu pengadukan 40 menit sampai 60 menit, dimana efisiensi penurunan yang mulai konstan, menunjukkan bahwa gugus aktif pada permukaan adsorben telah jenuh oleh logam Cu yang teradsorb.

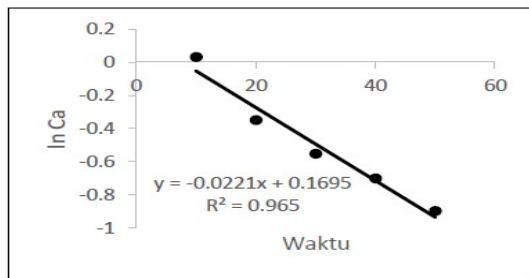


Gambar 2. Efisiensi penurunan kadar Cu dalam limbah pada variasi waktu

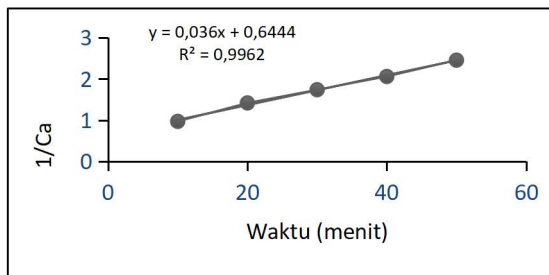
### Analisis Data Kinetika adsorpsi

Penentuan kinetika adsorpsi logam Cu pada limbah cair industri perak Kotagede bertujuan untuk menentukan orde reaksi dan konstanta kecepatan reaksi yang terjadi. Data yang digunakan dalam analisis kinetika proses adsorpsi ini adalah konsentrasi sisa Cu pada limbah dengan variasi waktu pengadukan. Perhitungan analisis kinetika adsorpsi berdasarkan persamaan 2 dan 3 diperoleh grafik seperti Gambar 3 dan Gambar 4. Terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 bahwa orde reaksi yang sesuai untuk adsorpsi Cu

dalam limbah menggunakan abu layang sebagai adsorben adalah orde reaksi 2, hal ini dikarenakan harga koefisien determinasi  $R^2$  yang paling mendekati 1 yaitu 0.9962. Sedangkan persamaan linier yang diperoleh adalah  $y = 0.0360x + 0.644$ , dapat diketahui konstanta kecepatan reaksi sebesar  $0.0360 \text{ Lmg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ . Maka berdasarkan persamaan 1, persamaan kecepatan reaksi adsorpsi Cu dalam limbah cair industri perak adalah  $-r_A = 0.0360 CA^2$ . Hasil penentuan kinetika ini, sesuai dengan penelitian Wang (2006), yang menyebutkan bahwa proses penyerapan logam Cu dan Ni menggunakan abu layang mengikuti kinetika orde reaksi 2, yang didasarkan pada koefisien regresi liniernya. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Suci, F.C. 2012, yang menyimpulkan bahwa penyerapan logam Pb menggunakan abu layang sebagai adsorben mengikuti kinetika orde reaksi 2.



Gambar 3. Grafik Kinetika Order Reaksi 1 pada Adsorpsi Loam Cu

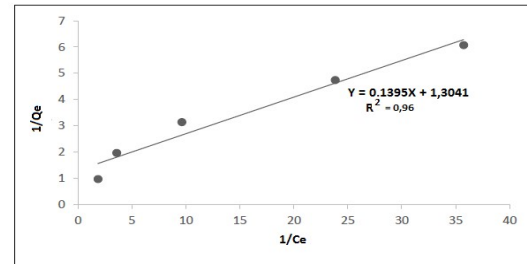


Gambar 4. Grafik Kinetika Order Reaksi 2 pada Adsorpsi Logam Cu

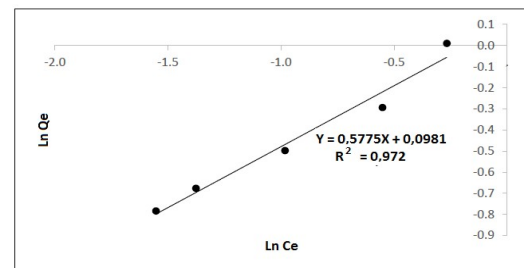
### Analisis Isotherm Adsorpsi

Penentuan model isotherm adsorpsi Langmuir, Freundlich, dan Henry dilakukan dengan membuat kurva berdasarkan persamaan 5, 7 dan 8. Hasil analisis data isotherm adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 6, 7, dan 8. Sedangkan hasil perhitungan konstanta model Langmuir, Freundlich dan Henry disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan kurva isotherm pada Gambar 6, 7, dan 8,

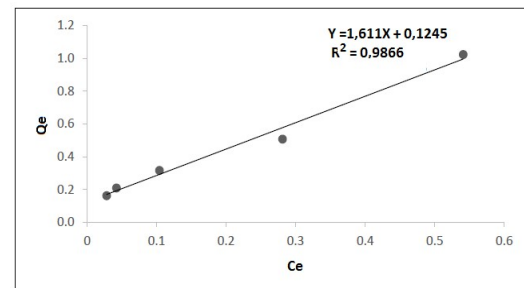
terlihat bahwa yang memiliki koefisien determinasi  $R^2$  yang paling mendekati 1 adalah isotherm Henry yaitu sebesar 0.9866. Dengan melihat nilai koefisien determinasi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa jenis adsorpsi yang sesuai untuk adsorpsi Cu dalam limbah cair industri perak menggunakan abu layang teraktivasi mendekati adsorpsi isotherm Henry, ditinjau dari kelinieran grafik mendekati 1. Proses adsorpsi yang mengikuti hukum Henry biasanya terjadi pada larutan yang cukup encer. Hal tersebut sesuai dengan penelitian ini, dimana konsentrasi Cu dalam limbah cair industri perak yaitu 10 ppm, sehingga dapat digolongkan dalam larutan encer. Selain itu adsorpsi pada konsentrasi-konsentrasi rendah yang mengikuti hukum Henry ini, dinyatakan tidak terjadi interaksi antara molekul-molekul yang teradsorpsi.



Gambar 6. Kurva Isotherm Langmuir



Gambar 7. Kurva isotherm Freundlich



Gambar 8. Kurva isotherm Henry

**Tabel 2.** Konstanta Model Isoterm

Model isoterm	Parameter				
	Qmax (mg/g)	b	n	H	R2
Langmuir	0,7668	9,3485			0.96
Freundlic h		1,7316	1,2534		0.972
Henry				1,611	0,9866

## KESIMPULAN

Dari penelitian diperoleh kesimpulan. Abu layang dapat menurunkan kadar Cu dalam limbah cair industri perak Kotagede dengan proses aktivasi menggunakan larutan NaOH. Suhu aktivasi mempengaruhi luas permukaan abu layang, dengan luas permukaan tertinggi 18,154 m<sup>2</sup>/g pada perlakuan aktivasi dengan pemanasan 400 °C, waktu optimum penurunan kadar Cu adalah 30 menit dan proses adsorpsi logam Cu dalam limbah cair industri perak Kotagede menggunakan abu layang teraktivasi mengikuti orde reaksi 2, dengan persamaan kecepatan reaksi  $-r_A = 0.0360 CA^2$ . Model kesetimbangan isoterm adsorpsi logam Cu dalam limbah cair industri perak Kotagede menggunakan abu layang teraktivasi mendekati model isoterm Henry.

## DAFTAR PUSTAKA

Andaka,G. 2008. Penurunan Kadar Tembaga pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak dengan Presipitasi Menggunakan Natrium Hidroksida. Institut Sains & Teknologi AKPRIND. Yogyakarta.

Basuki,K.T. 2014. Diktat Kuliah Pengolahan Air. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN. Yogyakarta.

Giyatmi, Fazliyana. 2018. Penurunan Kadar Cr dalam Limbah Penyamakan Kulit secara Adsorpsi Menggunakan Abu Layang. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN. Yogyakarta.

Handoko,C.T. Yanti T.B, Syadiyah H, Marwati,S. 2013. Penggunaan Metode Presipitasi untuk Menurunkan Kadar Cu dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede. Fakultas Matematika dan IPA . Universitas Negeri Yogyakarta.

Irawan,C, Dahlan B, Nawang R. 2015. Pengaruh Masa Adsorben, Lama Kontak dan Aktivasi Adsorben Menggunakan HCl terhadap Efektivitas

Penurunan Logam Berat (Fe) dengan Menggunakan Abu Layang sebagai Adsorben. Politeknik Negeri Balikpapan. Balikpapan.

- Kundari,N.A. 2015. Diktat Kuliah Kine-tika Kimia. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN.Yogyakarta.
- Klaus,Christmann. 2013. 'Introduction to Surface Physical Chemistry. Institute Für Physikalische und Theoritische Chemie derFrein Universität Berlin.
- Mahatmanti,W. Widi A. 2010. Aktivasi Abu Layang Batubara dan Aplikasinya sebagai Adsorben Timbal dalam Pengolahan Limbah Elektroplating. FMIPA Universitas Negeri Semarang. Semarang
- Nurhayati,N.Yuli,S.2013. Aktivasi dan Karakterisasi Fly Ash sebagai Material Adsorben Limbah Timbal. Universitas Sebelas Maret.Surakarta.
- PerGub DIY No.7 Tahun 2010. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, dan Jasa Pariwisata.
- Sekarwati,N. M. Bardi, Sunarto. 2015. Dampak Logam Berat Cu (Tembaga) dan Ag (Perak) pada Limbah Cair Industri Perak terhadap Kualitas Air Sumur dan Kesehatan Masyarakat serta Upaya pengendaliannya di Kotagede Yogyakarta. Universitas Sebelas Maret.Surakarta.
- Suci,F.C. 2012. Pemanfaatan Abu Layang Batubara (Fly Ash) Teraktivasi sebagai Adsorben Ion Logam Pb<sup>2+</sup>. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Vista,M. Chelaru, A.M. 2014. Hydrothermally Modified Fly Ash for Heavy Metals and Dyes Removal in Advance Wastewater Treatment. Applied Surface Science 303 page 14-22.
- Wang, S. Soudi M, Li L,Zhu, Z.H. 2006. 'Coal Ash Conversion Into Effective Adsorbent for Removal of Heavy Metals and Dyes From Wastewaer'. *Journal of Hazardous Materials* B133. pg. 243-251.