

# **Efektivitas Pemanfaatan Limbah Tulang Sapi Sebagai Adsorben Logam Cu (II) Dalam Air**

**Arini Budhi Pratiwi**

Program Studi Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Email : arinipratiwi126@rocketmail.com

## **Abstrak**

*Kontaminasi Logam Cu (II) dalam air terutama air limbah yang berasal dari proses industri memiliki potensi yang sangat membahayakan bagi lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan material adsorpsi dari tulang sapi untuk menyerap logam Cu (II) dalam air dan air limbah dengan mengetahui kapasitas adsorpsi dari adsorben tulang sapi. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan persentase removal Cu (II) powder tulang sapi murni dan teraktivasi HNO<sub>3</sub> dengan pengujian kondisi optimum berdasarkan variasi massa adsorben, pH larutan, waktu pengadukkan, dan konsentrasi larutan CuSO<sub>4</sub>. Hasil penelitian membuktikan bahwa adsorben tulang sapi murni mengandung lebih banyak unsur kalsium, fosfor dan oksigen serta gugus fungsi -OH, C=O, NH<sub>2</sub> dan P-O-C, sehingga persentasenya lebih besar dari adsorben tulang sapi teraktivasi dengan nilai 99,19% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 102,64 mg/g dengan R<sup>2</sup> sebesar 0,9738 yang ditentukan oleh model isotherm Freundlich dan nilai Kf sebesar 5,75. Maka dari itu, tulang sapi murni sangat berguna untuk menyerap ion Cu (II) dalam air dan air limbah, serta sangat efisien dalam segi biaya sehingga cocok untuk diterapkan dalam suatu industri untuk mengolah air limbah terutama yang mengandung banyak logam tembaga.*

*Kata kunci:* Adsorben tulang sapi, adsorpsi, Cu (II), teknologi pengolah air

## Abstract

*Contamination of Cu (II) in water and wastewater from industrial processes is very harmful for environment. In order to develop a new material to adsorb Cu (II) ions from wastewater, we identified adsorption capacity of cow bone powder. In this study, we compared the removal percentage value between pure cow bone powder and cow bone powder chemically modified with 1 M of HNO<sub>3</sub> by seeing the importance of adsorbent mass, optimum pH condition, stirring time, and solution concentration. Chemically pure cow bone powder has greater composition of functional groups such as -OH, C=O, NH<sub>2</sub> and P-O-C than the activated adsorbent. Pure cow bone powder can remove 99,19% of Cu (II) with absorption capacity is 102,64 mg/g, R<sup>2</sup> is 0,9738 which were determined by Freundlich isotherm and Kf is 5,75. The results showed Freundlich isotherm model has more linear correlation with the adsorption process of Cu (II) by pure cowbone powder. Therefore, pure cow bone can be used as a source of adsorbent to adsorb Cu (II) ion in the water and wastewater, because it efficiently removes copper present in water and wastewater in industrial processes.*

*Key word :cow bone powder adsorbent, adsorption, copper removal technology.*

## PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang semakin pesat memiliki dampak penting dalam meningkatkan perekonomian negara dan kemakmuran bagi masyarakat karena semakin terbukanya lapangan pekerjaan. Namun di samping itu, perkembangan industri juga memiliki dampak negatif yakni memacu terjadinya pencemaran lingkungan baik secara langsung atau berkala. Banyak industri yang langsung membuang limbahnya ke badan air tanpa adanya proses pengolahan terlebih dulu. Kehadiran tembaga pada limbah industri biasanya dalam bentuk ion bivalen Cu (II) sebagai *hydrolytic product*.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Sungai Progo oleh Kementrian Lingkungan Hidup (KLH) setempat pada September 2013 menunjukkan pencemaran tembaga di sungai tersebut sebesar 0,3 mg/l, hasil tersebut melebihi baku mutu seperti yang tertera pada PP RI nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu sebesar 0,02 mg/l.

Penanggulangan pencemaran logam dapat dilakukan dengan berbagai cara baik cara fisika, kimia, maupun biologi. Adsorpsi merupakan metoda yang sering digunakan dalam pengolahan limbah cair, karena prosesnya yang mudah dan murah jika dibandingkan dengan metode pengolahan limbah cair lainnya.

Tulang merupakan limbah yang dapat dijadikan biomaterial untuk menyerap logam dalam air limbah, karena tulang memiliki banyak pori dan mengandung trikalsium fosfat dengan sebagian kecil kalsium karbonat yang berpotensi sebagai adsorben (Akbar, 2012). Dalam proses adsorpsi tulang sapi biasanya dijadikan arang aktif dengan proses aktivasi berupa kimia dan fisika melalui proses karbonisasi, hal ini akan meningkatkan biaya dalam penerapannya di lapangan, oleh karena itu dalam penelitian ini tulang sapi akan dijadikan *powder adsorbent* dengan metoda aktivasi kimia menggunakan  $\text{HNO}_3$  untuk menyerap kadar Cu (II) dalam air limbah tanpa adanya proses karbonisasi.

## METODE PENELITIAN

### a. Preparasi Sampel

Setelah dikumpulkan, dilakukan pembersihan dari sisa daging dan lemak yang menempel lalu dicuci dengan air bersih, dan selanjutnya dilakukan perbusan tulang sapi yang telah dipotong kecil-kecil selama 4 jam, setelah itu sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $150^\circ\text{C}$  selama 60 menit. Setelah kering, dilakukan pengecilan ukuran tulang sapi menggunakan alat berupa *Rod Mill*, lalu diayak menggunakan saringan berukuran 100 mesh.

### b. Proses Aktivasi

Proses aktivasi dilakukan secara kimia dengan mengaduk 250 gram adsorben serbuk dengan 1 liter  $\text{HNO}_3$  1 M selama 5 menit dan merendamnya selama 24 jam, kemudian dibilas menggunakan aquades hingga pH 7 (netral), setelah itu dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 30 menit.

### c. Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi morfologi adsorben tulang sapi dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)-EDS dan untuk mengetahui perbedaan gugus fungsional senyawa yang terkandung dalam adsorben teraktivasi dan adsorben tanpa aktivasi dilakukan dengan teknik spektroskopi infra merah atau biasa disebut *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

### d. Menentukan Massa Adsorben Optimum

Pengujian ini dilakukan pada kondisi Equilibrium, yaitu pada pH 6 menggunakan larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan konsentrasi larutan 50 ppm sebanyak 50 ml dan dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer yang berisi adsorben dengan variasi massa yang terdiri dari 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg dan 400 mg, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 120 menit dengan kecepatan pengadukkan 150 rpm, lalu disaring menggunakan kertas saring dan diuji serapannya dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Perlakuan tersebut dilakukan terhadap adsorben teraktivasi  $\text{HNO}_3$  dan adsorben tanpa aktivasi.

### e. Menentukan pH Larutan Optimum

Variasi pH yang digunakan yaitu 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 sebanyak masing-masing 50 ml, dengan massa adsorben optimum yang diperoleh dari hasil pengujian variasi massa. Lalu dilakukan

pengadukkan selama 120 menit menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm. Sampel tersebut kemudian disaring dengan kertas saring dan diuji serapannya dengan SSA.

#### f. Menentukan Waktu Pengadukkan Optimum

Penentuan waktu pengadukkan optimum dilakukan dengan variasi waktu pengadukkan, yaitu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit dengan massa adsorben dan pH larutan  $\text{CuSO}_4$  sesuai dengan hasil yang diperoleh dari hasil pengujian variasi pH. Setelah itu dilakukan penyaringan dengan kertas saring dan diuji serapannya dengan SSA.

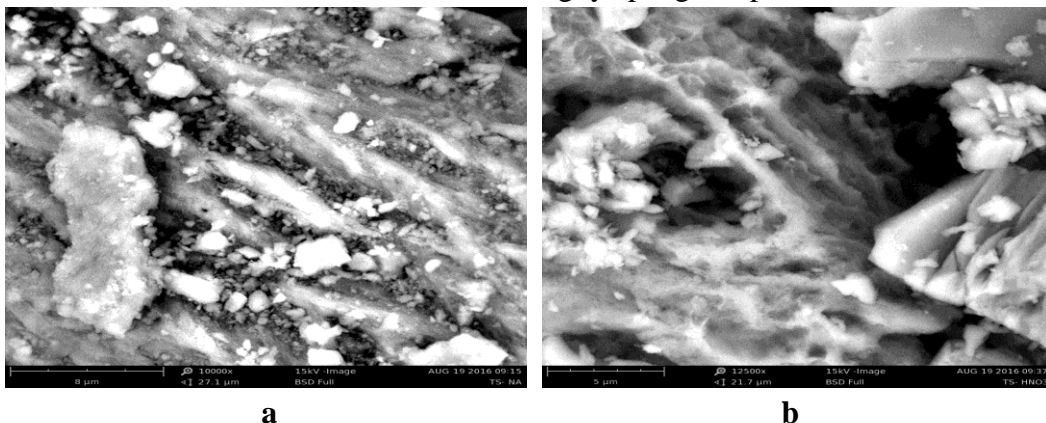
#### g. Menghitung Efisiensi Kemampuan Adsorben

Pengujian ini dilakukan dengan dilakukan pengadukkan dengan massa, pH larutan, dan waktu pengadukkan sesuai dengan hasil yang diperoleh dari pengujian sebelumnya, serta dengan variasi konsentrasi larutan  $\text{CuSO}_4$  yaitu 50, 75, 150, 250, dan 300 ppm. Setelah itu dilakukan penyaringan dan pengujian hasil serapannya dengan SSA. Setelah diperoleh hasil pembacaan dengan SSA, dilakukan penentuan isotherm yang digunakan berupa isotherm Langmuir dan Freunlich agar diketahui kapasitas penyerapan untuk ion logam Cu (II) dari adsorben tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Karakterisasi Morfologi Permukaan Adsorben Tulang Sapi

Hasil karakterisasi morfologi permukaan adsorben tulang sapi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)-EDS dengan perbesaran objek 10.000 kali seperti yang tertera pada Gambar 1.1 menunjukkan bahwa pada adsorben tulang sapi teraktivasi  $\text{HNO}_3$  1 M terlihat jumlah pori yang lebih banyak dengan struktur yang lebih besar dibandingkan dengan adsorben tulang sapi murni. Selain itu, terlihat bahwa semakin berkurangnya pengotor pada adsorben teraktivasi.



**Gambar 1.1.** Struktur morfologi permukaan (a) adsorben tulang sapi murni  
(b) adsorben tulang sapi teraktivasi  $\text{HNO}_3$  1 M

Dalam pengujian menggunakan SEM-EDS juga diketahui kandungan kimia zat pendukung proses adsorpsi yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

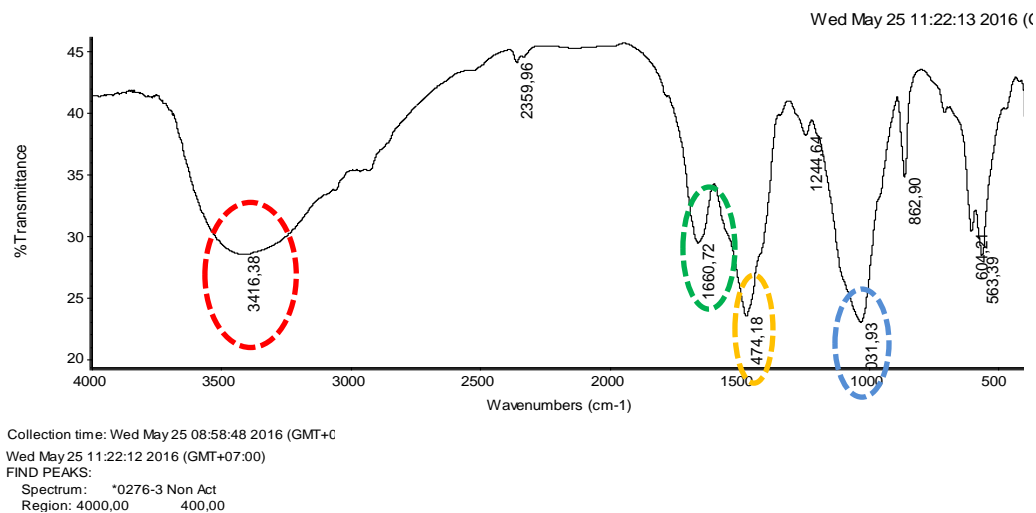
**Tabel 1.1.** Hasil Uji SEM-EDS Terhadap Kandungan Unsur Pada Adsorben

Adsorben	Nomor Atom	Simbol	Nama Unsur	Konsentrasi (%)
Tulang Sapi Murni	8	O	Oxygen	79
	20	Ca	Calcium	13.3
	15	P	Phosphorus	7.7
Tulang Sapi Teraktivasi	8	O	Oxygen	75.1
	20	Ca	Calcium	10.1
	15	P	Phosphorus	8.1

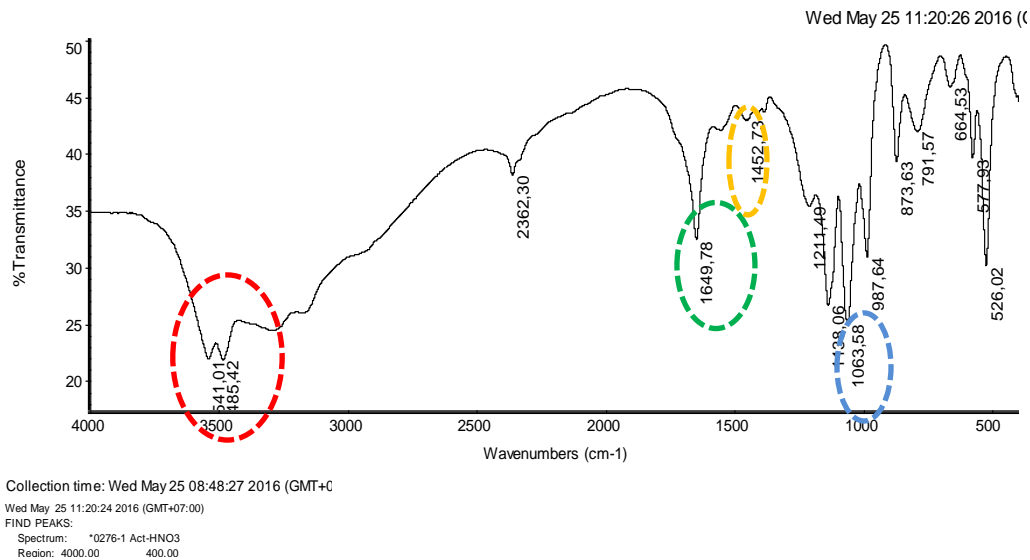
Proses aktivasi menggunakan  $\text{HNO}_3$  1 M telah menurunkan kadar oksigen sebanyak 3,9% dan kalsium sebanyak 3,2%.

**b. Karakterisasi Gugus Fungsi**

Hasil pembacaan FTIR adsorben tulang sapi tanpa aktivasi dan adsorben tulang sapi teraktivasi  $\text{HNO}_3$  1 M dapat dilihat pada Gambar 1.2 dan Gambar 1.3.



**Gambar 1.2.** Spektra IR Tulang Sapi Tanpa Aktivasi



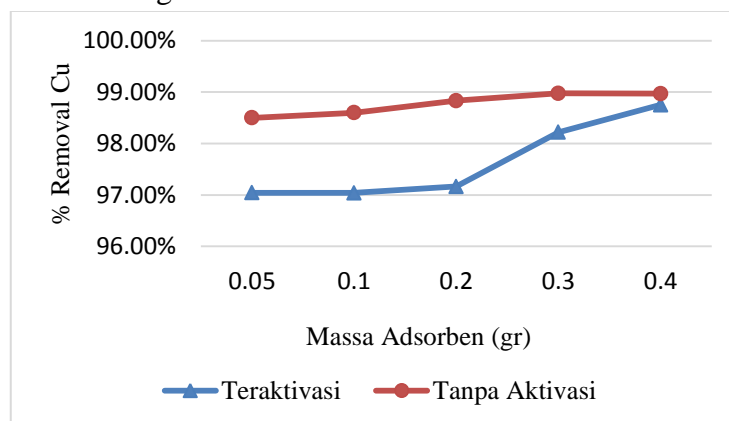
**Gambar 1.3.** Spektra IR Tulang Sapi Teraktivasi HNO<sub>3</sub> 1 M

Berdasarkan data FTIR pada tulang sapi sebelum diaktivasi menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3416,38 cm<sup>-1</sup> yang dikategorikan dalam gugus –OH yang kuat, dan gugus keton C=O dan amina (-NH<sub>2</sub>) pada 1660,72 cm<sup>-1</sup>, yang berfungsi sebagai pengikat logam, serta CH<sub>2</sub> alifatik dengan intensitas tajam pada 1474,18 cm<sup>-1</sup>. Terlihat pula adanya gugus P-O-C yang pada bilangan gelombang 1031,93 cm<sup>-1</sup>.

Setelah proses aktivasi, pada adsorben terjadi pemecahan gugus –OH, pengurangan gugus NH<sub>2</sub>, serta peningkatan vibrasi P-O-C pada 1063,58 cm<sup>-1</sup>. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa proses aktivasi menggunakan HNO<sub>3</sub> 1 M tidak meningkatkan gugus-gugus fungsional yang ada pada tulang sapi yang sangat berperan dalam mengikat ion logam Cu (II).

### c. Pengaruh Variasi Massa Adsorben

Hasil pengaruh variasi massa adsorben terdapat pada Gambar 1.4 yang menunjukkan hasil kemampuan penyerapan adsorben terhadap ion logam Cu (II) semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah adsorben maka ketersediaan pori semakin meningkat.

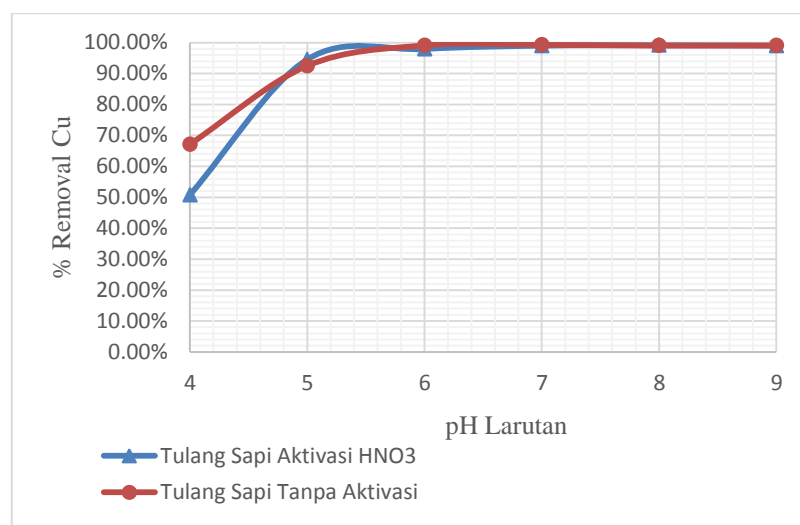


**Gambar 1.4.** Hubungan perbandingan nilai (%) *removal* ion logam Cu (II) terhadap pengaruh variasi massa adsorben

Hasil juga menunjukkan bahwa nilai (%) *removal* adsorben tanpa aktivasi lebih besar dibandingkan dengan adsorben tulang sapi teraktivasi HNO<sub>3</sub> yaitu dengan 0.05 gram saja sudah dapat mereduksi ion logam Cu (II) sebesar 98,50%. Hal ini didukung dengan adanya hasil SEM-EDS yang memperlihatkan hasil bahwa konsentrasi unsur Ca dan O setelah proses aktivasi mengalami penurunan, serta gugus fungsi –OH yang juga terpecah seperti yang tertera pada hasil pembacaan pada FTIR, unsur dan gugus tersebutlah yang berperan penting dalam proses penyerapan ion logam Cu (II).

#### d. Pengaruh Variasi pH Larutan

Hubungan perbandingan nilai (%) *removal* ion logam Cu (II) oleh adsorben tulang sapi yang dipengaruhi oleh variasi pH larutan juga ditunjukkan pada Gambar 1.5.

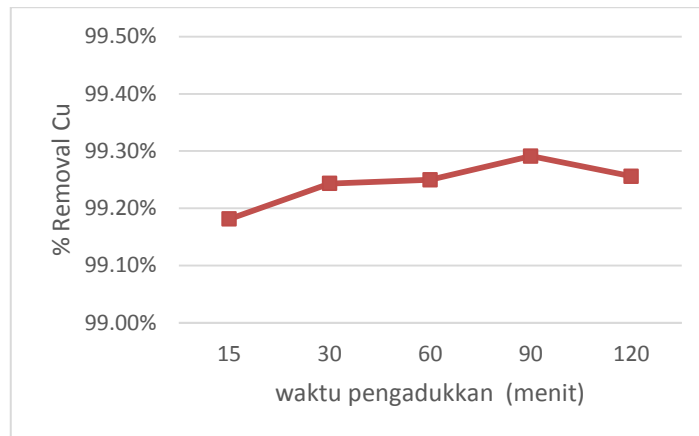


**Gambar 1.5.** Hubungan perbandingan nilai (%) *removal* ion logam Cu (II) terhadap pengaruh variasi pH larutan

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi pH larutan maka semakin besar nilai persen (%) *removal*nya terhadap ion logam Cu (II). Pada pH 4 nilai penyerapan ion logam Cu (II) rendah, hal ini dikarenakan pada pH rendah (asam) permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H<sup>+</sup> karena adanya persaingan penyerapan muatan ion dengan Cu<sup>2+</sup> untuk berikatan dengan gugus -OH. Dikarenakan muatan H<sup>+</sup> yang berlebih maka menggantikan Cu<sup>2+</sup> untuk berikatan dengan gugus -OH, atau dapat dikatakan terjadinya tolak menolak muatan antara permukaan adsorben dan diketahui bahwa ion logam Cu (II) bermuatan positif sehingga kemampuan penyerapannya pun menjadi rendah. Pada pH larutan 6 dan 7 penyerapan ion logam Cu (II) semakin meningkat dan mencapai kondisi optimum pada pH 7. Selain itu, pada pH larutan 8 dan 9 terus terjadi peningkatan nilai (%) *removal* ion logam Cu (II) karena pada kondisi basa ion-ion logam membentuk endapan hidroksida.

#### e. Pengaruh Variasi Waktu Pengadukkan

Lamanya waktu pengadukkan sangat berperan dalam proses adsorpsi, terutama untuk penentuan efektivitas biaya pengadukkan dalam mendesain teknologi pengolahan logam berat pada air dan air limbah. Hasil pengujian pengaruh waktu pengadukkan dapat dilihat pada Gambar 1.6.



**Gambar 1.6.** Hubungan perbandingan nilai (%) *removal* ion logam Cu (II) terhadap pengaruh variasi waktu pengadukkan

Data tersebut menunjukkan semakin lama kontak antara adsorben dan ion logam yang akan diserapnya maka semakin besar pula nilai (%) *removal*nya dan akan turun kembali setelah terjadi kondisi maksimum penyerapannya. Pada waktu pengadukkan 90 menit terjadi kondisi optimum dengan nilai (%) *removal* sebesar 99,26%, dan permukaan adsorben tulang sapi sudah dipenuhi permukaan adsorben telah terpenuhi oleh ion logam Cu (II) yang diserapnya, sehingga jika dilakukan pengadukkan lebih lama lagi kemampuan penyerapannya akan menurun.

#### f. Pengaruh Variasi Waktu Pengadukkan

Perbandingan nilai (%) *removal* ion logam Cu (II) oleh adsorben tulang sapi juga dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut :

**Tabel 1.2.** Hasil Pengujian Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Terhadap Adsorpsi Ion Cu (II)

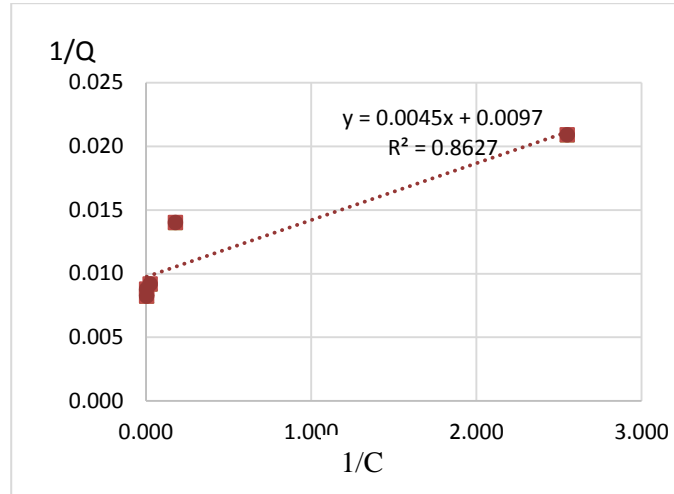
Konsentrasi Cu Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa Biosorban (gr)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
50	48.25	0.05	7.00	7.03	0.392	99%
75	76.90	0.05	7.05	7.08	5.525	93%
150	146.70	0.05	7.00	7.00	37.65	74%
250	263.50	0.05	7.00	7.01	149.60	43%
300	304.70	0.05	7.03	7.03	183.10	40%

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan  $\text{CuSO}_4$  maka semakin kecil nilai (%) *removal*nya, itu artinya semakin kecil kemampuan penyerapan terhadap ion logam Cu (II). Penurunan efisiensi penyerapan disebabkan oleh konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel yang tersedia dalam adsorben, sehingga permukaan adsorben tulang sapi sudah mencapai titik jenuh yang mengakibatkan terjadinya penurunan efisiensi penyerapan terhadap ion logam Cu (II).



**g. Mekanisme Isotherm Adsorpsi Adsorben Tulang Sapi Tanpa Aktivasi**

Gambar 1.6 menunjukkan model isotherm Langmuir yang menyatakan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben.

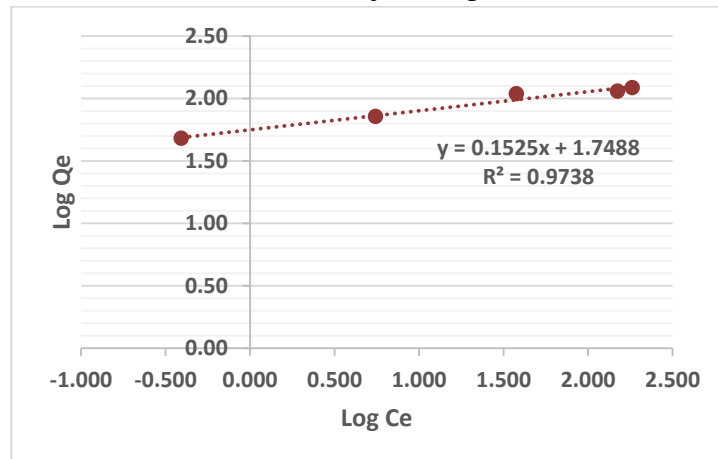


**Gambar 1.6.** Kurva Kalibrasi Isotherm Langmuir

Pada grafik tersebut diperoleh persamaan  $y = 0,0045x + 0,0097$  dan nilai  $R^2 = 0,8627$  yang selanjutnya akan digunakan untuk menghitung nilai  $Q_m$ , yaitu kapasitas adsorben dalam mengadsorpsi ion logam Cu (II). Nilai  $Q_m$  yang diperoleh dihitung dengan cara berikut ini :

$$\begin{aligned} Q_m &= 1/a \\ &= 1/0,0097 \\ &= 102,64 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk model isotherm Freundlich ditunjukkan pada Gambar 1.7 berikut ini :



**Gambar 1.7.** Kurva Kalibrasi Isotherm Freundlich

Pada model kesetimbangan Freundlich diperoleh nilai  $R^2 = 0,9738$  dengan persamaan  $y = 0,1525x + 1,7488$ , Kf dan n yang menunjukkan konstanta dengan nilai Kf sebesar 5,75 dan nilai n adalah 6,56. Model isotherm adsorpsi ditentukan dengan membandingkan besarnya nilai  $R^2$ , maka model kesetimbangan yang digunakan lebih cenderung cocok dengan model isotherm Freundlich. Hal ini berarti bahwa permukaan adsorben tidak homogen, yang memungkinkan terjadinya proses adsorpsi secara *multilayer* pada permukaan adsorben.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian proses adsorpsi logam Cu (II) oleh adsorben tulang sapi dapat disimpulkan bahwa tulang sapi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyerap ion Cu (II) pada air limbah karena mengandung banyaknya kalsium, fosfor serta gugus fungsi -OH, C=O, NH<sub>2</sub> dan P-O-C. Adsorben tulang sapi murni (tanpa proses aktivasi) terbukti lebih baik dalam mengikat ion Cu (II) pada 50 ml larutan CuSO<sub>4</sub> yaitu mencapai 99,3% dengan kondisi optimal yang dapat berlangsung pada proses adsorpsi ion Cu (II) yaitu dengan massa adsorben 50 mg, pH larutan 7, waktu pengadukkan selama 120 menit pada kecepatan 150 rpm. Model adsorpsi Freundlich lebih tepat menggambarkan proses adsorpsi terhadap logam Cu (II) menggunakan *powder* tulang sapi murni R<sup>2</sup> 0,9738 dan dengan nilai Kf sebesar 115,446 dan nilai n adalah 6,56, sehingga adsorben tersebut bersifat *multilayer* yaitu proses adsorpsi bisa terjadi pada lebih 1 lapisan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. 2012. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Tulang Spai Pada Ion Timbal (Pb<sup>2+</sup>). Skripsi. Kimia. FMIPA. Universitas Negeri Makasar. Makasar.
- Cechinel, M.A.P. Souza, S.M.A.G.U. Antonio. 2014. *Study of Lead(II) Adsorption Onto Activated Carbon Originating From Cow Bone*. Journal of Cleaner Production. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. Brazil.
- Day, R.A.Underwood, A.L. 2002. Analisis kimia Kuantitatif, diterjemahkan oleh Iis Sopyan. Jakarta : Erlangga.
- Gupta, R.K. and Kumar, A. 1998. *Fundamental of Polymer*. Mc Graw Hill International Edition.
- Handayani, M. dan Sulistiyono, E. 2009. Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (IV) Oleh Zeolit. Pusat Penelitian Metalurgi. LIPI. Tangerang.
- Hassler, S.J.W. 1974. *Purification with Activated Carbon Industrial, Commercial, Environmnetal*. Chemical Publishing, Co.Inc., New York, 390h.

- Sha, L., Xueyi, G., Ningchuan, F., Qinghua, T. 2009. *Adsorption of Cu<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> from Aqueous Solution by Mercapto-Acetic Acid Modified Orange Peel*. School of Metallurgical Science and Engineering. Central South University. China.
- Perwitasari, D.C. 2008. Hidrolisis Tulang Sapi Menggunakan HCL Untuk Pembuatan Gelatin. *Makalah Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono*.
- Saputra, E. 2010. Analisis Cemaran Logam Tembaga di Sungai Code Secara Spektroskopi Serapan Atom. Skripsi. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Sawyer, C. N., McCarty, Perry L. Parkin, Gene F. 1994. *Chemistry for Environmental Engineering*. 4<sup>th</sup> edition. McGraw-Hill Inc. New York
- Sheindorf. Rebhun, M. 1980. *A Freundlich Type Multicomponent Isotherm*. Journal of Colloid and Interface Science. Division of Environmental and Water Resources Engineering Technion Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.
- SNI 06-6989.6:2004. Cara Uji Tembaga (Cu) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Nyala.