

PEMANFAATAN α – KERATIN BULU AYAM SEBAGAI ADSORPSI ION Pb DALAM LIMBAH TEKSTIL

Rais Nur Latifah¹, Roro Ernia², Erick Rian Yulianto³, Edi Pramono⁴

¹Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sebelas Maret
Email: raisnurlatifah038@gmail.com; erniaroro@yahoo.com;
ryan_erick@rocketmail.com; pramodhia105@yahoo.com

Abstract

The present study was undertaken to develop a cost effective biosorbent and to study the biosorption process involved in the adsorption of heavy metal-contaminated textile wastewater using the developed biosorbent. Biomass chicken feathers was activated by Na₂S 0.1 N to produce adsorbent for lead in aqueous solution. This study focuses on the effectiveness of lead removal by batch adsorption method. The feather samples both activated and non-activated with adsorbed Pb (II) ions were analyzed by spectroscopic methods (Surface Area Analyzer, Atomic Absorption Spectroscopy and Fourier transform infrared spectroscopy). Particularly, the effect of pH, agitation time, adsorbent concentration, and particle size were considered. Optimum adsorption pH values of Pb (II) for activated and non-activated feathers were 8 whereas optimum adsorption contact time of Pb (II) for activated and non-activated feathers were 60 minutes and 90 minutes respectively. At the optimal adsorption conditions, adsorption ratio could get to 97.52% for activated feathers and 98.67% for non-activated feathers. The higher concentration of lead has a greater adsorption as well as high adsorption capability of feathers. The Freundlich adsorption model agrees well with experimental data, because of the high correlation coefficient that the former exhibited, thus, indicating to the applicability of multilayer coverage of the Pb (II) on the pores of adsorbent surface. The applicability of the Ho and Lagergren kinetic model has also investigated. Lead ions from the sample of textile wastewater were adsorbed on activated feathers with efficiency up to 90%. Laboratory tested and proven more effective and efficient in removing Pb (II) ions from aqueous solution by using activated feathers. The low cost and simplicity of the technique hold great potential applications in environmental protection.

Keywords: Adsorption; Biomass of chicken feather; Heavy metals; Pb (II) ions; Textile wastewater

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi, sosial, dan teknologi saat ini berkembang sangat pesat seiring tingginya kebutuhan masyarakat khususnya kebutuhan ekonomi. Pembangunan industri merupakan salah satu bentuk usaha *sustainable development* yang dilakukan dalam rangka meningkatkan taraf hidup dan mengurangi angka pengangguran. Tantangan dalam dunia industri maupun perdagangan yang berkembang pesat, menuntut adanya strategi efektif dalam mengembangkan industri, sehingga dapat bersaing dengan negara-negara lain yang telah maju.

Seiring dengan itu, suatu konsep pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*) mutlak dilakukan. Sustainable Development merupakan strategi pembangunan terfokus pada pemenuhan kebutuhan saat ini tanpa mengesampingkan kebutuhan mendatang yang mana hal ini

dikaitkan dengan kelestarian dan kesehatan lingkungan alam. Permasalahan lingkungan saat ini yang dominan salah satunya adalah limbah cair yang berasal dari industri. Limbah cair yang tidak dikelola akan menimbulkan dampak yang luar biasa pada perairan, khususnya sumber daya air. Kelangkaan sumber daya air di masa mendatang dan bencana alam semisal erosi, banjir, dan kepunahan ekosistem perairan tidak dapat terjadi apabila kita kaum akademisi tidak peduli terhadap permasalahan tersebut.

Kebutuhan masyarakat akan pakaian khususnya yang saat ini bukan lagi berfungsi hanya sebagai penutup aurat saja melainkan merupakan bagian dari pembuktian jati diri menyebabkan industri tekstil berkembang pesat. Industri tekstil merupakan salah satu industri yang banyak membutuhkan air dalam proses produksinya, dan menghasilkan limbah cair yang banyak mengandung bahan kimia

karena bahan baku dan proses produksinya terutama pada proses pengkunjian, pewarnaan, dan printing atau pemberian motif yang akan menghasilkan limbah cair.

Berdasarkan Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor 10 tahun 2004 tentang baku mutu air limbah, yang dimaksud dengan limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan. Sedangkan menurut Sugiharto (1987) air limbah (*waste water*) adalah kotoran dari masyarakat, rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan, serta buangan lainnya. Begitupun dengan Metcalf & Eddy (2003) mendefinisikan limbah berdasarkan titik sumbernya sebagai kombinasi cairan hasil buangan rumah tangga (permukiman), instansi perusahaan, pertokoan, dan industri dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan.

Selain itu perkembangan industri tekstil tentu akan diikuti dengan bertambahnya logam berat yang terkandung pada limbah yang dihasilkan. Proses industri tekstil menyebabkan lingkungan semakin tercemar dengan kandungan logam berat dalam limbah tersebut. Logam berat merupakan ancaman bagi lingkungan hidup dan kesehatan masyarakat karena semakin banyaknya jumlah logam yang dilepas ke lingkungan sebagai hasil aktivitas dari kegiatan manusia (Ceribasi dan Yetis, 2001).

Salah satu logam yang berpotensi menjadi pencemar bagi lingkungan adalah ion timbal. Timbal merupakan pencemar yang toksik dan golongan logam berat dimana pada tingkat tertentu dapat mengganggu kesehatan manusia. Dalam industri tekstil, logam timbal digunakan sebagai campuran pewarna, yaitu warna putih dari timbal putih $[Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3]$ dan warna merah dari timbal merah (Pb_3O_4). Pb ini akan terakumulasi sebagai limbah cair dari industri tekstil tersebut.

Pencemaran limbah cair Pb dapat diatasi melalui proses adsorpsi. Para ahli telah mengetahui bahwa bahan-bahan yang berserat seperti wool, bulu ayam dan rambut dapat mengadsorpsi ion-ion logam dalam larutannya (Banat dkk, 2000). Bulu ayam ini mengandung protein serat atau keratin yaitu: protein kasar (80,00%), lemak kasar (7,79%) dan serat kasar (0,88%) (Elfia dkk, 2002). Ketersediaan limbah bulu ayam ini cukup melimpah, diketahui bahwa populasi ayam pedaging di Indonesia

pada tahun 2008 adalah 1.076 juta ekor (BPS 2008). Menurut Packham (1982), hasil pemotongan setiap ekor ternak unggas akan diperoleh bulu sebanyak $\pm 6\%$ dari bobot hidup (bobot potong $\pm 1,5$ kg), maka diperkirakan pada tahun tersebut dihasilkan 96.830 ton limbah bulu ayam. Jumlah ayam yang dipotong terus meningkat dari tahun ke tahun sehingga bulu ayam yang dihasilkan juga meningkat. Dalam hal ini perlu dilakukan pengelolaan limbah bulu ayam dengan memanfaatkannya sebagai adsorben Pb dalam pengolahan limbah cair.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian untuk menentukan kemungkinan potensi yang dimiliki bulu ayam sebagai adsorben baru yang dapat digunakan untuk mengatasi penurunan kualitas lingkungan akibat adanya ion – ion logam berat Pb dalam limbah. Pemanfaatan limbah bulu ayam sebagai adsorben Pb ini diharapkan mampu mengurangi limbah bulu ayam yang terus meningkat.

2. METODE

Persiapan limbah sintetik ion Pb^{2+}

Larutan Pb^{2+} disiapkan dengan cara melarutkan $Pb(NO_3)_2$ dengan variasi konsentrasi yaitu 20, 40, 60, dan 80 ppm.

Pembuatan Adsorben Bulu Ayam

Bulu ayam broiler dicuci dengan air dan deterjen beberapa kali, kemudian dijemur sampai kering dan hilang baunya. Setelah kering, bulu ayam tersebut dipotong kecil-kecil kemudian digiling sampai halus pada ukuran 180 mesh (Yatim, 2007). Kemudian dicuci dengan aseton selama 15 menit dan disaring dengan corong Buchner. Residu yang didapat dikeringkan dengan oven pada suhu $40^\circ C$ sehingga adsorben siap digunakan (Ketaren, 1986).

Perlakuan Aktivasi Bulu Ayam dengan Larutan Alkali

Masing-masing biomassa diambil sebanyak 1 gram dan diaktivasi menggunakan larutan alkali Na_2S 0,1 N sebanyak 100 mL, kemudian distirer selama 20 menit. Kondisi ini merupakan kondisi optimum berdasarkan penelitian Setyorini (2006). Setelah 20 menit, campuran disaring menggunakan corong buchner. Residu yang didapat dikeringkan

dengan oven pada suhu 50°C. Kemudian bulu ayam teraktivasi dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR.

Penentuan Adsorpsi-Desorpsi Ion Pb Sintetik Menggunakan Biomassa Bulu Ayam Teraktivasi dan Tidak Teraktivasi

Larutan sintetik Pb disiapkan ke dalam empat gelas beker dengan volume yang sama (25 mL). Pada gelas beker pertama dimasukkan 0,5 gram biomassa bulu ayam teraktivasi dan distirer selama 60 menit. Kemudian larutan tersebut disaring, filtrat yang diperoleh diukur kadar Ion Pb yang tidak teradsorb menggunakan AAS. Lalu adsorben dimasukkan kembali ke dalam gelas beker yang kedua dan distirer selama 60 menit. Setelah itu, larutan kembali disaring untuk mengukur kadar Ion Pb yang tidak teradsorb. Adsorben tersebut kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker ketiga selama 60 menit begitu seterusnya sampai gelas beker keempat.

Analisa Adsorpsi Ion Pb²⁺

Sampel yang telah distirer kemudian dianalisa dengan AAS. Hasil pembacaan absorbansi dikonversi ke dalam konsentrasi ion timbal dengan menggunakan kurva kalibrasi. Persentase adsorpsi dan kapasitas adsorben dapat dihitung berdasarkan data konsentrasi.

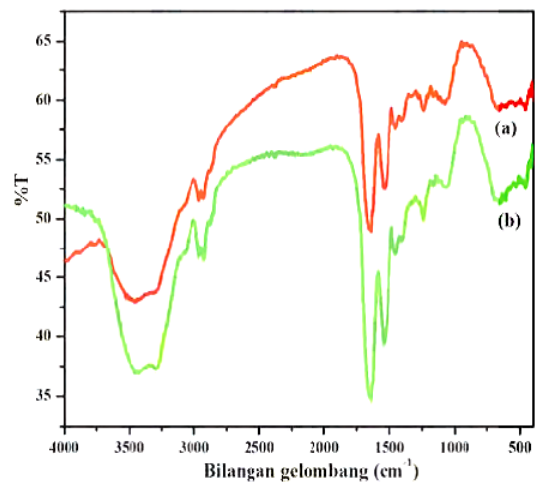
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis spectra infra merah

Proses perombakan struktur α -keratin pada bulu ayam dapat terjadi melalui pemutusan sebagian dari berbagai ikatan dalam struktur keratin sehingga menghasilkan berbagai gugus aktif yang dapat berinteraksi dengan ion logam. Pada penelitian ini bulu ayam diaktivasi dengan menggunakan Na₂S yang akan memutuskan jembatan ditio (-S-S-). Untuk mengetahui aktivasi tersebut telah berjalan sempurna maka dilakukan karakterisasi terhadap biomassa bulu ayam menggunakan instrumen FT-IR. Berikut adalah hasil uji bulu ayam teraktivasi dengan Na₂S dan bulu ayam tidak teraktivasi dengan FTIR.

Perubahan pada biomassa bulu ayam sebelum dan setelah aktivasi juga nampak pada analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Dengan spektra IR menunjukkan karakteristik daerah serapan untuk ikatan peptida (-

CONH-), dimana vibrasi pada ikatan tersebut dikenal sebagai daerah serapan amida I-III (Wojciechowska dkk., 1999).



Gambar 1. Karakterisasi Bulu Ayam dengan FTIR

Tabel 1. Karakteristik serapan ikatan peptida (-CONH-) ditunjukkan oleh amida I-III

λ (cm ⁻¹)	Gugus serap
1700-1600	amida I = vibrasi stretching C=O
1560-1335	amida II = vibrasi bending N-H dan stretching C-H
1240	amida III = vibrasi stretching C-N dan bending sebidang N-H

Daerah serapan amida I menunjukkan adanya vibrasi *stretching* gugus C=O yang muncul pada bilangan gelombang 1700-1600 cm⁻¹ (Sun dkk., 2009). Selain itu terdapat keterkaitan antara intensitas puncak pada 1167 dan 1073 cm⁻¹ terhadap vibrasi *stretching* S-O simetris dan asimetris dari residu larutan aktivator yang digunakan dalam hal ini *1-butyl-3-methylimidazolium chloride* ([BMIM]Cl), dimana pada bulu ayam teraktivasi menunjukkan puncak serapan yang lebih tinggi dibandingkan bulu ayam sebelum aktivasi dan mengindikasikan putusya ikatan S-S.

Pengaruh pH

Salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah pH. Alasan mengapa dilakukan optimasi pH larutan adalah karena

pH dapat mempengaruhi gugus-gugus fungsional dari dinding biomassa yang berperan aktif dalam proses penyerapan logam berat. Selain itu, berpengaruh juga pada kelarutan dari ion logam dalam larutan.

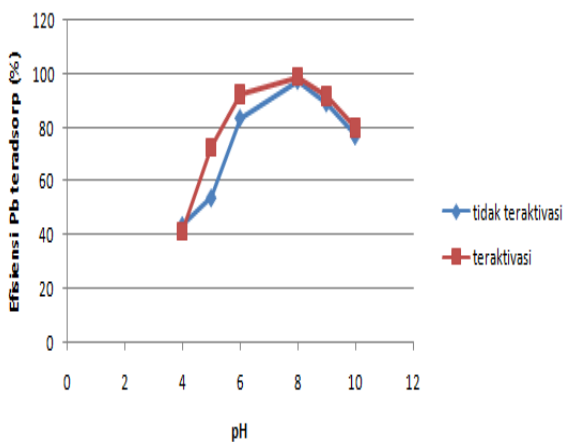
Tabel 2. Hubungan antara pH Pb dengan % efisiensi Pb yang terserap bulu ayam

pH	Efisiensi Teradsorp	
	Teraktivasi	Tidak teraktivasi
4	43,47916	41,45705
5	53,71737	72,67629
6	83,54598	92,26751
8	97,51893	98,68896
9	89,10688	91,61664
10	76,88131	79,84841

tidak teraktivasi dan teraktivasi Na₂S

Larutan yang digunakan pada konsentrasi 40 ppm dengan berat bulu ayam yang teraktivasi maupun yang tidak teraktivasi adalah 0,3 gram dan waktu kontak selama 60 menit. pH optimum pada ion Pb(II) dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Pada pH 4 didapatkan prosentase serapan Pb yang terkecil pada bulu ayam teraktivasi dan bulu ayam yang tidak teraktivasi, masing-masing sebesar 43,48% dan 41,46%.



Gambar 2. Hubungan antara pH Pb dengan % efisiensi Pb yang terserap bulu ayam tidak teraktivasi dan teraktivasi Na₂S

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa pH larutan berpengaruh terhadap banyaknya penyerapan Pb oleh biomassa bulu ayam dalam larutan. Penyerapan optimum pada bulu ayam teraktivasi adalah pH 8 dengan % Pb yang terserap adalah 97,52% dan pada bulu ayam yang tidak teraktivasi juga pada pH 8 dengan %Pb yang terserap adalah 98,68%.

Pada pH di atas 4, Pb membentuk spesi Pb^{2+} dan $Pb(OH)^+$, yang selanjutnya dengan semakin meningkatnya nilai pH akan meningkatkan ionisasi rantai samping sistein yang berupa thiol (-SH) sehingga semakin meningkatkan tarikannya dengan ion Pb yang bermuatan positif. Sedangkan pada pH di atas 8, terjadi penurunan terhadap penyerapan logam oleh biomassa bulu ayam karena pada pH di atas 8 mulai terjadi pengendapan dari ion Pb membentuk $Pb(OH)_2$ sehingga menghalangi terjadinya penyerapan logam oleh bulu ayam. Hal ini dikarenakan penambahan NaOH untuk menaikkan pH menjadi 9 menyebabkan terjadinya reaksi antara -OH dengan Pb sehingga Pb sudah bereaksi terlebih dahulu dengan gugus -OH membentuk endapan $Pb(OH)_2$.

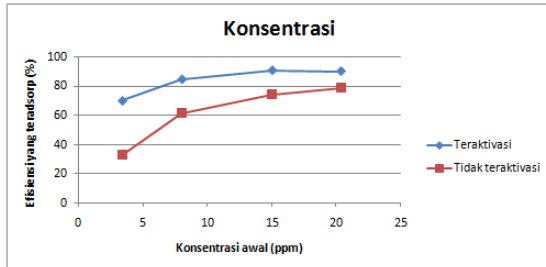
a. Konsentrasi

Tabel 3. Hubungan antara konsentrasi Pb dengan % efisiensi ion Pb

C _o (ppm)	Efisiensi teradsorp (%)	
	Teraktivasi	Tidak Teraktivasi
20	70,14799	32,92274
40	84,73463	61,49319
60	90,87295	74,1212
80	90,2683	78,73452

Dari tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Pb semakin besar pula Pb yang terserap oleh bulu ayam. Dari proses adsorpsi dengan bulu ayam didapat hasil, yaitu konsentrasi optimum untuk bulu ayam teraktivasi adalah 15,0432 ppm dan bulu

ayam yang tidak teraktivasi belum ditemukan konsentrasi optimum karena grafik yang didapatkan pun meningkat terus sampai konsentrasi 20,3654 ppm.



Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi Pb dengan % efisiensi ion Pb

Hal ini terjadi karena permukaan adsorben masih belum terlalu banyak berikatan dengan Pb sehingga proses penyerapan berlangsung kurang efektif. Pada bulu ayam yang teraktivasi Na₂S, konsentrasi di atas 15,0432 ppm cenderung konstan karena kapasitas adsorpsi permukaan biomassa bulu ayam telah jenuh dan telah mencapai kesetimbangan antara konsentrasi Pb dalam biomassa dengan lingkungannya.

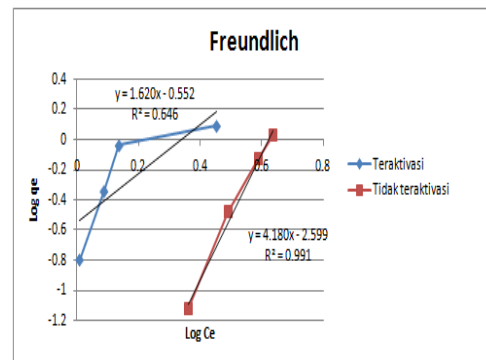
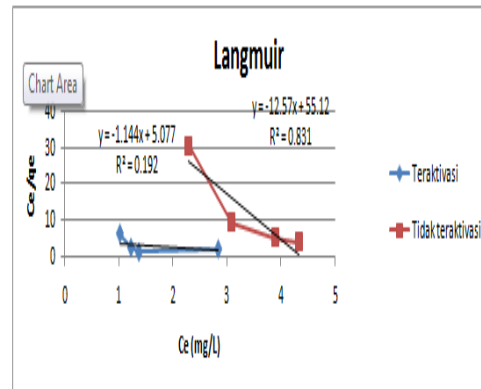
b. Isoterm Adsorpsi

Hasil kajian isoterm adsorpsi ion Pb menggunakan adsorben bulu ayam.

Adsorpsi ion Pb dengan menggunakan adsorben bulu ayam cenderung mengikuti isoterm Freundlich. Isoterm Freundlich ini mengasumsikan bahwa proses adsorpsi ion Pb oleh adsorben bulu ayam cenderung *multilayer*. Hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika, sehingga proses adsorpsi lebih dipengaruhi oleh pori-pori adsorben dibandingkan pertukaran gugus aktif antara adsorben dan adsorbat.

Gambar 4. Kurva hubungan antara konsentrasi C_e/q_e (a) dan hubungan antara $\text{Log } q_e$ dengan $\text{Log } C_e$ (b)

Hasil Analisa Luas Permukaan Biomassa



Bulu Ayam Tidak Teraktivasi dan Bulu Ayam Teraktivasi Na₂S 0.1 N

Luas permukaan biomassa bulu ayam teraktivasi ditentukan dengan metode metilen biru untuk ukuran biomassa 180 mesh.

Tabel 3. Luas permukaan adsorben bulu ayam

Adsorben	S (m ² /
Bulu ayam teraktivasi Na ₂ S	276,827
Bulu ayam tidak teraktivasi	275,695

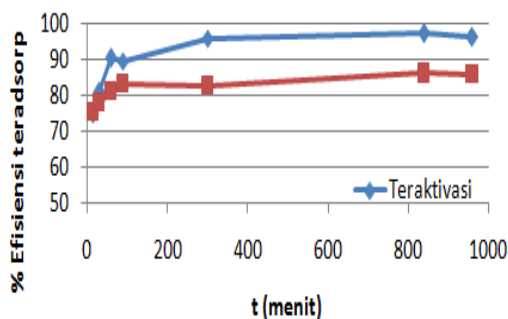
Luas permukaan yang besar menunjukkan bahwa biomassa bulu ayam teraktivasi larutan Na₂S 0,1N dengan ukuran 180 mesh memiliki kemampuan daya serap yang lebih besar dibandingkan yang belum teraktivasi.

Waktu kontak optimum

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan setelah diketahui pH optimum adsorpsi. Waktu kontak berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Penentuan waktu kontak ini bertujuan untuk memperoleh waktu yang paling baik dalam proses adsorpsi ion logam Pb oleh bulu ayam. Waktu kontak adsorpsi ditunjukkan pada tabel 6 dan gambar 6 dibawah ini.

Tabel 6. Hubungan waktu kontak (menit) dengan % logam terserap Pb

T(menit)	Efisiensi Teradsorb	
	Teraktivasi	Tidak
15	74,63537	75,33069
30	80,89199	77,85863
60	90,30802	81,1445
90	89,42363	83,29347
300	95,71499	82,72219
840	97,13339	86,13412
960	96,12224	85,94746



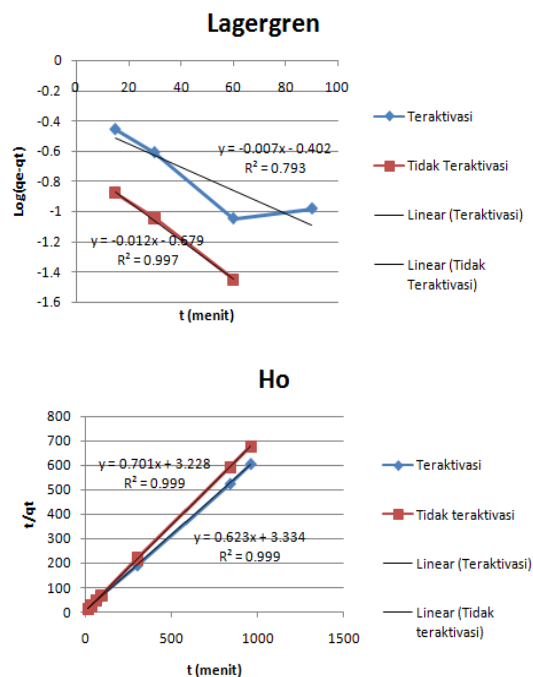
Gambar 6. Hubungan waktu kontak (menit) dengan % logam terserap Pb

Berdasarkan grafik di atas, penyerapan optimum oleh bulu ayam teraktivasi pada menit ke-60 sedangkan pada bulu ayam tidak teraktivasi pada menit ke-90. Hal ini terjadi karena permukaan adsorben banyak yang berikatan dengan Pb sehingga proses penyerapan berlangsung efektif. Pada menit selanjutnya cenderung konstan karena kapasitas adsorpsi permukaan adsorben telah jenuh dan telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi Pb dalam adsorben dengan lingkungannya. Kondisi optimum ini disebut dengan keadaan kesetimbangan adsorpsi. Maka pada waktu kontak adsorpsi yang optimum kapasitas logam terserapnya bernilai maksimal. Namun setelah melewati titik kesetimbangan itu, logam Pb yang teradsorpsi pada bulu ayam akan mengalami proses desorpsi. Jadi logam terserapnya kembali berkurang.

Kinetika Adsorpsi

Berdasarkan data pengaruh waktu kontak, maka dapat dikaji kinetika adsorpsinya. Kinetika adsorpsi tergantung pada

interaksi adsorbat-adsorben dan kondisi sistem. Model kinetika yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah model orde kesatu dari Lagergren dan orde kedua dari Ho. Untuk membedakannya dengan model kinetika yang didasarkan konsentrasi adsorbat pada fasa cair, maka model orde satu Lagergren disebut pseudo orde satu Lagergren dan model orde dua Ho disebut pseudo orde dua Ho. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Lagergren dan persamaan Ho dapat dicari harga koefisien regresi linearnya (R^2), seperti ditampilkan dalam grafik dibawah ini



Gambar 6. Kurva Hubungan antara log (qe-qt) vs t (a) dan Hubungan antara t/qt vs t (b)

Harga koefisien linear pada adsorben bulu ayam yang tidak teraktivasi Na₂S sebesar 0,997 dari persamaan Lagergren dan 0,999 dari persamaan Ho. Harga koefisien linear pada adsorben bulu ayam yang teraktivasi Na₂S dengan menggunakan persamaan Lagergren sebesar 0,793 sedangkan dengan persamaan Ho sebesar 0,999. Model kinetika pada kedua adsorben tersebut dapat ditentukan dari harga koefisien kelinernya (R^2).

Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa kedua adsorben tersebut

mengikuti model kinetika Ho sehingga kedua adsorben tersebut cenderung mengikuti orde dua.

4. KESIMPULAN

Karakterisasi bulu ayam yang teraktivasi dan yang tidak teraktivasi Na₂S:

- a. Pada bulu ayam teraktivasi menunjukkan puncak serapan yang lebih tinggi dibandingkan bulu ayam sebelum aktivasi dan mengindikasikan putusanya ikatan S-S
- b. pH optimum pada penyerapan logam Pb sama – sama berada pada pH 8 dengan masing – masing logam Pb yang teradsorb adalah 97.51893 % dan 98.68896 %
- c. Didapatkan konsentrasi optimum pada bulu ayam teraktivasi sebesar 60 ppm sedangkan yang tidak teraktivasi belum didapatkan konsentrasi optimum
- d. Waktu kontak yang optimum didapatkan pada bulu ayam yang teraktivasi sebesar
- e. 60 menit sedangkan pada bulu ayam yang tidak teraktivasi sebesar 90 menit.

Penyerapan Pb oleh bulu ayam mengikuti isoterm Freundlich yang berarti penyerapan secara fisika dan kinetika reaksi yang terjadi mengikuti persamaan Ho

5. REFERENSI

- Banat F., and Al-Asheh S., 2000, Biosorption of Phenol by Chicken Feather, *Journal of Environmental Engineering and policy*, 2:85-90
- Elfia N., Suciati W., and Nugroho M., 2002, Pengaruh Penggunaan Tepung Bulu dan Papain dalam Pakan Ayam Broiler, Laporan Penelitian, Jurusan Ilmu Ternak Universitas Brawijaya, Malang
- Ketaren S., 1986, Lemak dan Minyak Pangan, UI-Press, Jakarta
- Khopkar S. M., 1990, Konsep Dasar Kimia Analitik, Universitas Indonesia Press, Jakarta
- Lehninger A. L., 1990, Dasar-dasar Biokimia, Jilid I, Erlangga, Jakarta
- Nazzarudin, 1995, Studi Pendahuluan Penurunan Kadar Ion Cu(II) dalam Air

dengan menggunakan Adsorben Rambut Manusia, Laporan Tugas Akhir, Jurusan Kimia FMIPA ITS, Surabaya

- Setyorini, T., 2006, Optimasi Serapan Logam Kromium dalam Larutan Menggunakan Biomassa Kering Bulu Ayam Broiler Diaktivasi dengan Larutan NaOH/Na₂S, Skripsi. Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Suganda, Husein, Diah S., Harry K., Ipin S., dan Undang K., 2006, Evaluasi Pencemaran Limbah Industri Tekstil Untuk Kelestarian Lahan Sawah, Prosiding Seminar Nasional multifungsi dan konversi lahan pertanian, Balai Penelitian Tanah, Bogor
- Sun, P. Liu, Z-T and Liu Z-W., 2009, Particles form Bird Feather: A Novel Application of an Ionic Liquid and Waste Resource, *Journal of Harzadous Materials*, 170: hal. 780-790
- Palar, H., 1995, Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, PT Rineka Cipta, Jakarta
- Tan, I., A.W., Ahmad, A.L., and Hamed, B.I., 2007, Optimization of Preparation Condition for activated Carbon from Coconut Husk, *Journal of Chemical Engineering*, USM Malaysia. P. 1 -32
- Wingrove A. S., and Caret R. L., 1981, Organic Chemistry, Harper and Row Publisher, New York