

## Keseimbangan dan kinetika adsorpsi larutan logam timbal menggunakan protein keratin dari bulu ayam pedaging (*gallus domesticus*)

Wara Dyah Pita Rengga<sup>1</sup>, Bayu Triwibowo<sup>2</sup>, Nilasari Nurazizah<sup>3</sup>, Uswatun Nur Hidayah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia  
pita.rengga@gmail.com

**Abstrak** : Bulu ayam dapat dimanfaatkan untuk mengurangi kandungan timbal dalam larutan artifisial. Larutan artifisial dikondisikan dengan menambahkan NaOH yang berfungsi untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi timbal pada bulu ayam. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan kondisi keseimbangan dan kinetika adsorpsi logam Timbal dari larutan. Adsorpsi dilakukan dengan adsorben yaitu protein keratin yang terdapat dalam bulu ayam. Pembuatan adsorben dilakukan dengan cara bulu ayam dicuci kemudian dikeringkan dan dipotong kecil sampai 200 mesh. Bulu ayam yang halus direndam dengan aseton dan selanjutnya dikeringkan. Adsorben diaktifasi dengan NaOH dan dikarakterisasi menggunakan FTIR. Pada adsorpsi ini ditentukan oleh konsentrasi 20; 40; 60; 80; 100 ppm, suhu 25°C; 28°C; 31°C; 34°C selama waktu kontak adsorpsi 30; 60; 90; 120 menit. Jumlah timbal yang diserap oleh adsorben dapat dianalisis menggunakan AAS. Model keseimbangan yang sesuai adalah Freundlich sedangkan pada model kinetika yang sesuai adalah kinetika orde kedua.

**Kata Kunci:** adsorben, bulu ayam, NaOH, timbal, adsorpsi.

### 1. Pendahuluan

Limbah cair yang berasal dari industri merupakan permasalahan lingkungan, khususnya limbah industri tekstil. Limbah industri tekstil memiliki kadar warna yang cukup tinggi karena sebagian besar limbah yang dihasilkan berasal dari buangan air proses produksi, sisa – sisa pelumas dan minyak, bahan – bahan kimia sisa proses produksi, sampah potongan kain, dan lainnya. Pengelolaan limbah cair tekstil setelah proses produksi dimaksudkan untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung didalamnya sehingga limbah cair tersebut memenuhi syarat untuk dapat dibuang.

Pencemaran air sungai yang sering terjadi yaitu akibat pencemaran oleh logam berat. Salah satu logam berat yang merupakan sumber polusi air sungai adalah logam timbal. Timbal merupakan

salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia serta merupakan unsur logam berat yang tidak dapat terurai oleh proses alam. Timbal dapat terakumulasi di dalam limbah cair dari industri tekstil tersebut. Baku mutu air limbah bagi kawasan industri untuk parameter timbal total maksimal adalah 1 mg/L. Kondisi membahayakan ditemukan pada konsentrasi timbal mencapai 188 mg/L yang dapat membunuh ikan-ikan yang ada di sungai (Palar dkk, 2008). Oleh karena itu, kandungan logam berat khususnya timbal dalam limbah industri yang melebihi ambang batas harus dikurangi sebelum dibuang ke lingkungan (Diantariani dkk , 2008).

Beberapa peneliti telah mengurangi kadar ion logam timbal dari limbah industri (Gupta dan Rastogi, 2009). Macam – macam metode untuk mengurangi kadar logam timbal yaitu koagulasi (Pang dkk, 2018), oksidasi kimia

(babu dkk, 2017), fotodegradasi (Gupta dkk, 2007), proses elektrokimia (Shen dkk, 2006.), dan biodegradasi (Chang dkk, 2001) namun metode adsorpsi adalah salah satu teknik yang lebih sederhana.

Adsorpsi sudah pernah digunakan untuk proses pengurangan Timbal dengan menggunakan bentonit lebih baik dari karbon aktif (Yarkandi, 2014). Pengembangan teknologi aplikasi adsorpsi dapat menggunakan bahan yang sudah tidak terpakai dari makhluk hidup yang disebut biosorpsi untuk menurunkan kadar logam berat dari cairan. Para peneliti telah menggunakan adsorben untuk mengurangi kadar ion logam timbal contohnya wool, rambut, bulu bebek, mengurangi kadar ion logam timbal di perairan (Banat dkk, 2000). Penggunaan adsorben dari protein serat keratin dapat digunakan untuk memurnikan air yang terkontaminasi logam berat timbal.

Limbah bulu ayam dapat digunakan sebagai adsorben, limbah tersebut banyak ditemukan di pasar pemotongan unggas. Pada tahun 2016 tempat pemotongan unggas sudah menghasilkan limbah bulu ayam sebanyak 101.375 ton. Limbah bulu ayam sebelumnya sudah digunakan sebagai bahan pakan alternatif protein hewani, namun juga dimanfaatkan untuk mengadsorpsi logam berat diantaranya logam kromium (Rizkamala, 2011), senyawa fenol (Mashouri dkk, 2012) dan diharapkan adanya keratin itu dapat mengikat logam timbal dari bulu ayam.

Bulu ayam mengandung keratin yaitu protein kasar (80,0%), lemak kasar (7,8%) dan serat kasar (0,9%) (Elfia dkk, 2002). Kandungan keratin yang berupa protein atau asam amino memiliki komposisi sulfur dan sistein yang tinggi. Asam amino tersebut dapat mengadsorpsi logam berat khususnya sistein (Rizkamala, 2011). Oleh karena itu, pemanfaatan limbah bulu ayam dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam berat timbal dari limbah tekstil. Adsorpsi logam timbal oleh bulu ayam belum

pernah dilakukan, sementara itu namun adsorpsi kromium sudah dilakukan dengan kemampuan mengadsorpsi sebanyak 14,49 mg/g (Rizkamala, 2011).

Adsorpsi memiliki parameter pada kesetimbangan dan kinetika adsorpsi. Kesetimbangan adsorpsi logam timbal menggunakan bulu ayam sangat menentukan kapasitas adsorpsi. Kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui kecepatan adsorpsi bulu ayam terhadap logam timbal yang digunakan untuk perancangan proses adsorpsi limbah di pabrik tekstil. Dengan demikian tujuan penelitian ini merupakan pemanfaatan bulu ayam sebagai adsorben untuk mengatasi penurunan kualitas lingkungan perairan sungai akibat adanya logam berat timbal akibat limbah industri.

## 2. Metode Penelitian

### ***Pembuatan Adsorben Bulu Ayam Pedaging***

Bulu ayam pedaging yang diperoleh dari tempat pemotongan unggas dicuci dengan air dan dibilas, kemudian dijemur sampai kering hingga baunya hilang. Setelah kering, bagian tulang bulu dibuang dan bulu ayam dipotong kecil – kecil sampai halus dan diayak 100 mesh. Adsorben yang sudah halus kemudian direndam dengan aseton selama 30 menit untuk mengoksidasi kotoran organik yang terdapat pada bulu ayam dan disaring dengan menggunakan corong Buchner. Residu yang didapat dikeringkan dengan oven pada suhu 40oC untuk menghilangkan kelembaban. Kemudian adsorben ditimbang sampai beratnya konstan sehingga adsorben siap digunakan.

### ***Perlakuan Aktivasi Bulu Ayam dengan Larutan Alkali***

Bulu ayam masing-masing diambil sebanyak 0,5 gram dan diaktivasi menggunakan larutan alkali NaOH sebanyak 100 mL selanjutnya diaduk selama 30 menit. Campuran tersebut kemudian disaring menggunakan corong

Buchner. Residu yang didapat dikeringkan dengan oven pada suhu 50oC sehingga diperoleh bulu ayam teraktivasi yang siap digunakan. Karakteristik adsorben ini dilakukan menggunakan FT-IR.

**Penentuan Adsorpsi Ion Timbal dengan Bulu Ayam**

Melarutkan Timbal(NO3)2 sebagai larutan timbal dengan variasi konsentrasi 20 sampai 100 ppm. Selanjutnya ditambahkan NaOH, diukur pada pH 4 dan menambahkan adsorben sebanyak 0,5 g yang diaduk dengan stirrer selama 60 menit. Larutan tersebut disaring dan filtrat ditempatkan ke dalam botol sampel, kemudian dianalisis dengan SSA.

**Analisis Adsorpsi Logam Timbal**

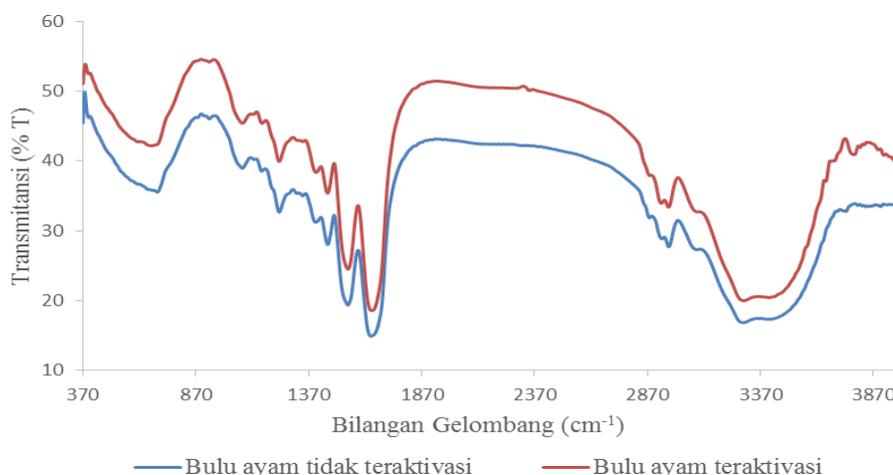
Hasil pembacaan absorbansi dari AAS dikonversi ke dalam konsentrasi ion timbal dengan menggunakan kurva kalibrasi. Persentase adsorpsi dan kapasitas adsorben dapat dihitung berdasarkan data konsentrasi.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**Analisa spektra inframerah**

Karakterisasi dari bulu ayam dapat diketahui dari jenis gugus – gugus fungsional pada serapan inframerah (FTIR) seperti pada Gambar 1. Perubahan

pada biomassa bulu ayam sebelum dan setelah aktivasi juga terlihat pada analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Spektra FTIR pada table 1 menunjukkan karakteristik daerah serapan untuk ikatan peptida (-CONH-), dimana vibrasi pada ikatan tersebut dikenal sebagai daerah serapan amida I-III. Daerah serapan amida I menunjukkan adanya vibrasi stretching gugus C=O yang muncul pada bilangan gelombang 1700-1600 cm<sup>-1</sup> (Sun dkk., 2009). Pada biomassa bulu ayam sebelum aktivasi dan setelah aktivasi daerah ini muncul pada bilangan gelombang yaitu 1648 cm<sup>-1</sup> dan 1644 cm<sup>-1</sup>. Daerah serapan amida II yang muncul pada bilangan gelombang antara 1543-1342 cm<sup>-1</sup> (Muyonga dkk., 2004) berasal dari vibrasi bending N-H dan stretching C-H, dimana pada bulu ayam sebelum aktivasi muncul pada bilangan gelombang 1543 cm<sup>-1</sup> sedangkan pada bulu ayam teraktivasi muncul pada 1542 cm<sup>-1</sup>. Daerah serapan amida III muncul pada bilangan gelombang sekitar 1238 cm<sup>-1</sup> merupakan daerah yang dihasilkan dari kombinasi vibrasi stretching C-N dan bending sebidang N-H, dengan beberapa pengaruh dari vibrasi stretching C-C dan bending C=O (Sun dkk, 2009). Bulu ayam sebelum aktivasi menunjukkan puncak serapan ini pada 1238,36 cm<sup>-1</sup> dan 1238,78 cm<sup>-1</sup> untuk bulu ayam teraktivasi dengan bentuk puncak yang kecil.

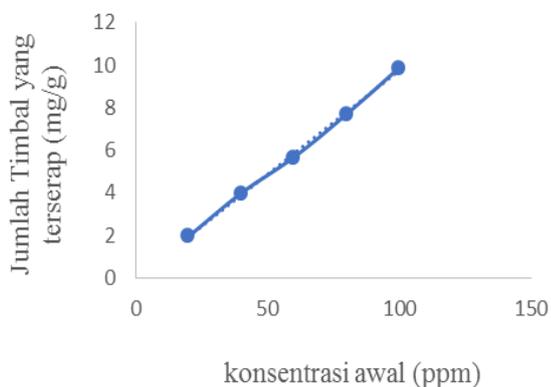


Gambar 1. Hasil FTIR bulu ayam sebelum aktivasi (A) dan setelah aktivasi (B)  
 Tabel 1. Karakteristik serapan ikatan peptida (-CONH-) ditunjukkan oleh amida I-III

Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus serap
1700 – 1600	Amida I = vibrasi <i>stretching</i> C = O
1543 – 1342	Amida II = vibrasi bending N – H dan <i>stretching</i> C – H
1238	Amida = vibrasi <i>stretching</i> C – N dan <i>bending</i> sebidang N – H

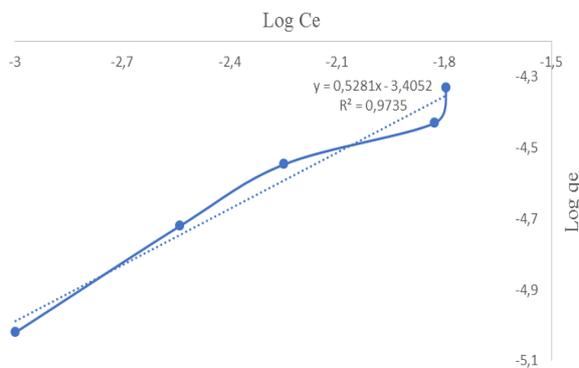
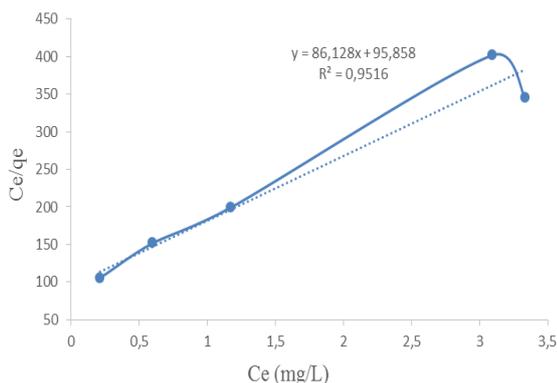
**Pengaruh konsentrasi timbal dengan persen efisiensi**

Pada gambar 2 menunjukkan semakin besar konsentrasi Timbal semakin besar pula Timbal yang terserap oleh bulu ayam. Pada proses adsorpsi dengan adsorben bulu ayam didapat hasil yaitu konsentrasi optimum untuk bulu ayam teraktivasi adalah 40,043 ppm, sedangkan konsentrasi minimum adsorpsi bulu ayam yaitu pada konsentrasi 60,097 ppm. Hal ini terjadi karena permukaan adsorben masih belum terlalu banyak berikatan dengan Timbal sehingga proses penyerapan berlangsung kurang efektif. Hasil kajian isoterm adsorpsi ion Timbal menggunakan adsorben bulu ayam ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Hubungan antara Konsentrasi dan Jumlah Timbal yang Terserap

**Model kesetimbangan adsorpsi**



(A)

(B)

Gambar 3. Kurva isoterm adsorpsi (A) Langmuir dan (B) Freundlich

Mekanisme proses adsorpsi diidentifikasi berdasarkan fungsi konsentrasi pada saat kesetimbangan ( $C_e$ ). Terdapat dua model kesetimbangan adsorpsi yang sering digunakan untuk menjelaskan adsorpsi padat – cair yaitu Langmuir dan Freundlich. Permukaan adsorpsi terlokalisasi dan setiap situs hanya mampu menyerap satu molekul atau atom (Do, 1998). Berkaitan dengan data isotherm Langmuir dan Freundlich, kedua model mampu memperoleh data terbaik pada pH 4. Pada model Freundlich mendapatkan nilai koefisien ( $R^2$ ) 0,97 sedangkan pada model Langmuir mendapatkan nilai koefisien ( $R^2$ ) 0,95. Pada model Freundlich memberikan perilaku yang lebih baik dari residual, dan nilai-nilai yang sesuai dari  $R^2$  diperoleh di sebagian besar korelasinya. Adsorpsi timbal dengan menggunakan adsorben bulu ayam cenderung mengikuti isoterm. Hal ini menunjukkan 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. Jika ada proses kimia seperti halnya pada

penambahan kitosan maka menghasilkan ikatan kimia sehingga menghasilkan adsorpsi kimia dimana model Langmuir yang dominan (Anantha & Kota, 2016). Sementara itu model yang sesuai untuk

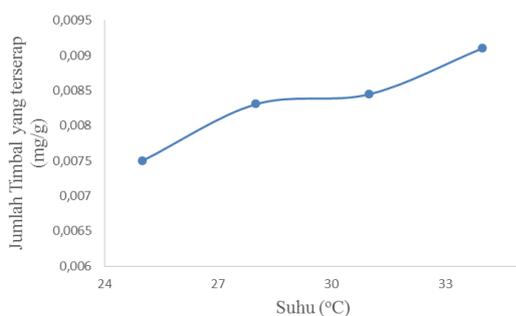
adsorben bulu ayam papda kesetimbangan adalah feundlich lebih baik dari pada Langmuir (Egwuatu dkk, 2014).

Tabel 2. Parameter kesetimbangan adsorpsi

Model Isoterm	Parameter Isoterm		
Freundlich $qe = Kf \cdot Ce^{1/n}$	Ce	K <sub>F</sub>	R <sup>2</sup>
	3,43	8,87	0,97
Langmuir $\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b}$	Ce	K <sub>L</sub>	0,95
	0,04	340,63	

Temperatur proses adsorpsi dapat mempengaruhi kecepatan dan jumlah adsorpsi yang terjadi. Kecepatan adsorpsi dapat meningkat apabila temperaturnya meningkat, dan menurun apabila temperaturnya menurun. Penelitian hubungan antara suhu, diperoleh hasil yang terlihat pada Gambar 4. Kondisi maksimum diperoleh pada suhu 34 °C. Pada suhu 34 °C mendapatkan prosentase adsorpsi maksimum sebesar 91,079 %. Pengaruh suhu pada adsorpsi Timbal serapan oleh bulu ayam yang menunjukkan dari suhu 25 °C hingga 34 °C mengalami peningkatan serapan Timbal. Pada proses adsorpsi ini bersifat endotermis, karena kecepatan adsorpsi meningkat dengan meningkatnya suhu.

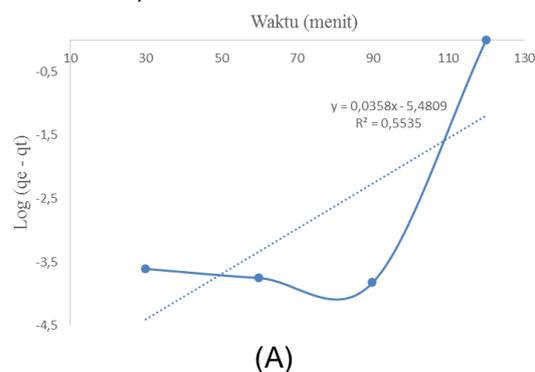
**Pengaruh suhu terhadap persen efisiensi Timbal**

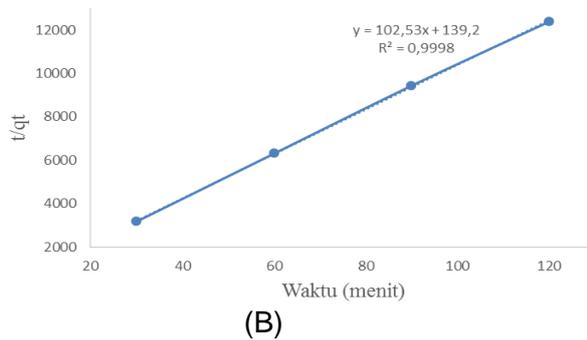


Gambar 4. Hubungan antara suhu dengan jumlah Timbal yang terserap

**Model kinetika Adsorpsi**

Kinetika adsorpsi tergantung pada interaksi adsorbat-adsorben dan kondisi sistem. Pada Gambar 5 didapat hasil data serapan Timbal untuk kedua kinetika yang menunjukkan bahwa model kinetika orde dua memberi korelasi data yang lebih baik daripada pada model kinetika orde pertama. Model kinetika pada kedua adsorben tersebut dapat ditentukan dari harga koefisien kelinernya (R<sup>2</sup>) yang mendekati satu. Hal ini menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi timbal dengan adsorben bulu ayam lebih sesuai menggunakan model kinetika orde dua. Hal ini juga sesuai dengan penurunan timbal dengan proses adsorpsi yang menggunakan bentonit (Yarkandi 2014). Demikian juga pengurangan timbal dengan menggunakan gabungan antara bulu ayam dan kitosan menghasilkan kinetika adsorpsi orde dua (Anantha & Kota, 2016).





Gambar 5. Kurva kinetika adsorpsi (A) Orde pertama dan (B) Orde kedua

Tabel 3. Kinetika adsorpsi orde pertama dan orde kedua

Kinetika Adsorpsi	R2	K
Orde pertama $qe = \frac{k1}{2.303} t$	0.5535	0.0824
Orde kedua $\frac{t}{qt} = \frac{1}{k^2 \cdot qe^2} + \frac{1}{qe}$	0.9998	75.5201

#### 4. Penutup

##### Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa bulu ayam yang diaktivasi dengan NaOH dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam timbal. Adsorpsi dipengaruhi oleh kondisi eksperimental seperti konsentrasi logam awal, suhu dan waktu kontak. Konsentrasi logam awal untuk kapasitas penyerapan optimal adalah 40,043 ppm, sedangkan pada suhu untuk kapasitas penyerapan optimal adalah 34 °C. Data eksperimen yang didapat mengacu pada model kesetimbangan Freundlich sedangkan pada kinetika reaksi mengacu pada persamaan kinetika orde kedua.

#### 5. Daftar Pustaka

Anantha, R. K., & Kota, S. (2016). Removal of lead by adsorption with the

renewable biopolymer composite of feather (*Dromaius novaehollandiae*) and chitosan (*Agaricus bisporus*). *Environmental Technology & Innovation*, 6, 11–26.

Babu, A.G., Mohan, G.V.K., Kalpana, K., Ravindhranath, K. 2017. Removal of Lead from Water Using Calcium Alginate Beads Doped with Hydrazine Sulphate-Activated Red Mud as Adsorbent, *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 4650594, 1-13.

Banat, F., and Al-Asheh S., 2000, Biosorption of Phenol by Chicken Feather, *Journal of Environmental Engineering and policy*, vol. 2, pp. 85-90.

Chang, Y.Y., Lin, C.I., and Chen, H.K., 2001, "Effect of Acid Activation on Sesame Oil Bleaching by Rice Hull Ash", *J. Chem. Eng. Japan*, 34, pp. 1-6.

Diantariani, N.P, I W. Sudiarta dan N.K Elantiani. 2008. Proses Biosorpsi dan Desorpsi Ion Cr (VI) pada Biosorben Rumput laut. *Jurnal Kimia*. 2 (1): 4552.

Do. 1998. *Adsorption Analysis : Equilibria and Kinetics*. Imperial College Press. London, England.

Egwaatu C. I., Umedum, N. L., Anarado C. J. O., Eboatu, A. N. 2014. Chicken Feather as Sequestrant for Lead Ions in Aqueous Solution, *International Journal of Modern Analytical and Separation Sciences*, 3(1): 51-66.

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*.

Gupta VK, Rastogi A (2009) Biosorption of hexavalent chromium by raw and acid-treated green alga *Oedogonium hatei*

- from aqueous solutions. *J Hazard Mater* 163(1):396–402.
- Gupta, A. Mittal, L. Kurup, J. Mittal, "Adsorpsi pewarna berbahaya, eritrosin, lebih hen bulu, " *Jurnal Koloid dan Interface Ilmu*, Vol. 304, pp. 52-57, 2006.
- Journal of Analytical Methods in Chemistry* Volume 2017, Article ID 4650594, 13 pages
- Manshour, M., Daraei, H, Yazdanbakhsh, A.R. 2012. A feasible study on the application of raw ostrich feather, feather treated with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and feather ash for removal of phenol from aqueous solution. *Desalination and Water Treatment*, 41, 1-3.
- Palar, H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Penerbit PT. Rieneka Cipta. Jakarta.
- Pang F.M., Kumar, P., Teng, T. T., Omar, A. K. M., Wasewar, K.L. 2011. Removal of lead, zinc and iron by coagulation–flocculation. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 42(5), 809-815
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri.
- Removal of Lead from Water Using Calcium Alginate Beads Doped with Hydrazine Sulphate-Activated Red Mud as Adsorbent
- Rizkamala, 2011. Adsorpsi Ion Logam Cr (Total) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Bulu Ayam. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Kimia FMIPA. Semarang: UNNES.
- Shen ZM, Wu D, Yang J, Yuan T, Wang WH, Jia JP (2006) Methods to improve electrochemical treatment effect of dye wastewater. *J Hazard Mater* 131:90–97.
- Sun, P., Liu, Z.T., and Liu Z.W., 2009, Particles from Bird Feather: A Novel Application of an Ionic Liquid and Waste Resource, *Journal of Harzadous Materials*, vol. 170, pp. 780-790.
- Yarkandi, N.H. 2014. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 3(4), 207-228.