

Lampiran 1. Jurnal Ilmiah**PEMANFAATAN FLY ASH BATU BARA INDUSTRI GELAS SURABAYA SEBAGAI ADSORBEN Cr⁶⁺ DAN APLIKASINYA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT**

Sylviean Tiga, Eko Prasetyo Kuncoro, Agoes Soegianto
 Program Studi S-1 Ilmu dan Teknologi Lingkungan, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan
 Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi adsorpsi Cr⁶⁺ pada larutan artifisial, limbah cair industri penyamakan kulit, dan mengetahui karakteristik adsorben *fly ash* batu bara sebelum dan sesudah kontak dengan larutan artifisial Cr⁶⁺. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap. Analisis data pada penelitian ini adalah analisis deskriptif yang disajikan dengan grafik dan tabel, serta analisis statistik dengan uji *Anova One-Way* dilanjutkan uji Duncan. Penelitian ini menggunakan variasi pH dan waktu kontak. Variasi pH yang digunakan adalah 2, 3, 4, 5, 6 dan 7. pH optimum yang diperoleh digunakan pada variasi waktu kontak 30, 45, 60, 75, 90, dan 105 menit. pH dan waktu kontak optimum untuk adsorpsi larutan artifisial Cr⁶⁺ masing-masing pH 2 dengan efisiensi 86,71% dan pada menit ke-75 dengan efisiensi 88,45%. Hasil pengujian FTIR menunjukkan bahwa adsorben *fly ash* batu bara mengandung gugus O-H, C-H alkana, C-O, dan C-H alkena. Terdapat pergeseran bilangan gelombang setelah adsorben mengalami kontak dengan larutan artifisial Cr⁶⁺. Hasil pengujian SEM-EDX menunjukkan adanya logam Cr setelah adsorben mengalami kontak dengan larutan artifisial Cr⁶⁺.

Kata kunci: adsorpsi, kromium heksavalen, *fly ash* batu bara.

ABSTRACT

The aims of this research were to know the adsorption efficiency of Cr⁶⁺ from artificial solution and leather tanning industry waste water, and to know the coal fly ash characteristics before and after contact with Cr⁶⁺. The design used in this research was randomized complete design. The data analysis in this research was descriptive analysis using graphic and table, and the statistic analysis using Anova One Way test continued Duncan test. This research were using pH and contact time variations. The pH variations were 2, 3, 4, 5, 6, and 7. Optimum pH obtained used at contact time variations of 30, 45, 60, 75, 90, and 105 minutes. Optimum pH was at pH 2 with adsorption efficiency of 86,71%, optimum contact time was at 75 minute with adsorption efficiency of 88,45%. The FTIR analysis showed that Fly Ash Coal contained functional groups of O-H, C-H alkanes, and C-H alkenes. After contact with Cr there was a shift of wave numbers and presence of Cr-N and Cr-O bound at wave numbers of 424,34 cm⁻¹ dan 567,07 cm⁻¹ respectively. SEM-EDX analysis showed the presence of Cr at the adsorbent surface after contact with Cr⁶⁺ artificial solution.

Keyword: adsorption, hexavalent chromium, coal fly ash

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri yang pesat mengakibatkan meningkatnya kadar bahan pencemar dalam perairan dan mengganggu ekosistem perairan yaitu logam berat. Logam berat yang terlarut dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan (Palar, 2012). Salah

satu contoh limbah logam yang berbahaya adalah krom. Logam ini tergolong dalam limbah B3 (bahan berbahaya beracun) yang dapat membahayakan lingkungan karena bersifat toksik bagi hewan dan manusia (Darminto dan Suryaning, 2008). Dampak kelebihan krom heksavalen (Cr^{6+}) pada tubuh akan terjadi pada saluran pernafasan, ginjal, dan hati (Zakaria *et al.*, 2013). Sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 2/MENLH/I/1998 Tentang Baku Mutu air pada sumber air menurut golongan air, batas maksimal Cr^{6+} yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 0,05 mg/L (Anonim, 1988).

Salah satu metode pengolahan untuk mengurangi konsentrasi logam Cr^{6+} adalah adsorpsi. Adsorpsi adalah proses pengumpulan adsorbat oleh adsorben dimana terjadi suatu ikatan kimia atau fisika antara adsorben dan adsorbat (Sembodo, 2005). Faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi antara lain waktu kontak, pH, karakteristik adsorbat, karakteristik adsorben, pengadukan, kompetisi dalam larutan campuran (Wahyuni, 2010).

Fly ash yang berasal dari batubara dapat menyisihkan logam Zn^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Pb , Cu^{2+} , dan Cr^{6+} . Penggunaan *fly ash* sebagai adsorben logam berat Cr^{6+} sudah dikembangkan pada penelitian terdahulu. Sahat (2005) melakukan adsorpsi logam Cr^{6+} menggunakan *fly ash* batu bara. Afrianita *et al.*, (2013) juga pernah melakukan penyisihan optimum *fly ash* terhadap logam Cr^{6+} .

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian tentang adsorpsi Cr^{6+} menggunakan adsorben *fly ash* batu bara dengan variasi pH dan waktu kontak, serta karakteristik pada adsorben.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi, limbah cair industri penyamakan kulit UD. X Leather Kabupaten Magetan, adsorben *fly ash* batu bara Industri Gelas Surabaya, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, HCl 3 M, HNO_3 0,1 M, aquademin. Alat yang digunakan meliputi, kertas saring, plastik, *tissue* kering, lap kain, kertas label, sarung tangan, spatula, sendok, *box* styrofoam, keranjang, loyang, jerigen volume 2 liter dan 25 liter (*lion star*), botol sampel 100 ml, botol sampel kaca 250 ml, baskom stainless 1 liter, pompa

jerigen (maspion), *roll* pipet, saringan 100 mesh, labu ukur 100 ml dan 1 liter (*Pyrex*), gelas beaker 250 ml (*Pyrex*), gelas ukur 100 ml (*Herma*), pipet volume 10 ml (*Pyrex*), pipet tetes, corong *Buchner* (*Duran*), *shaker* (*LabTech*) pH meter (*Anco*), oven (*Memmert*), neraca analitis (*Ohaus*), pompa vakum (*Gast*), spektrofotometer sinar tampak (*Hach*), FTIR (*Shimadzu prestige-64*), SEM (*Scanning Electron Microscope*) (*Hitachi*).

Persiapan Adsorben Fly Ash Batu Bara

Fly Ash batu bara diayak dengan ukuran partikel 100 mesh, kemudian ditimbang sebanyak 750 gram menggunakan neraca analitis. Selanjutnya, dioven dengan suhu 105°C selama 24 jam untuk mendapatkan adsorben yang kering dan bebas dari kadar air (Elmeiri, 2014).

Pembuatan Larutan Artifisial Cr⁶⁺ 100 mg/L

Larutan Cr⁶⁺ sintetik awalnya dibuat dengan konsentrasi 1000 mg/L, dengan cara memasukkan K₂Cr₂O₇ sebanyak 2,829 g ke dalam labu ukur 1000 ml dan dilarutkan dengan HCl 1% 27 ml, selanjutnya ditambahkan aquademin. Untuk mendapatkan konsentrasi 100 mg/L, dilakukan pengenceran menggunakan persamaan 1.

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \quad (1)$$

Penentuan pH Optimum

Penelitian ini dilakukan variasi pH 2, 3, 4, 5, dan 6 (Afrianita *et al.*, 2013). Untuk menurunkan pH dilakukan dengan cara menambahkan HCl 3 M. Pada 100 ml larutan artifisial Cr⁶⁺ ditambahkan 10 g *fly ash* batu bara, selanjutnya dikocok menggunakan *shaker* selama 2,5 jam dengan kecepatan pengadukan 150 rpm.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Pada 100 ml larutan artifisial Cr⁶⁺ ditambahkan 10 g *fly ash* batu bara, selanjutnya dikocok menggunakan *shaker* selama 30, 45, 60, 75, 90, dan 105 menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm (Afrianita *et al.*, 2013). Percobaan ini dilakukan dengan pH optimum yang telah didapat pada pengujian sebelumnya.

Pengambilan Sampel Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

Pengambilan sampel limbah cair dilakukan di bak penampung *rotary drum* (reaktor penyamakan) tepat setelah proses penyamakan menggunakan krom selesai.

Aplikasi pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

pH dan waktu kontak adsorben yang menghasilkan efisiensi adsorpsi tertinggi, diaplikasikan pada limbah cair industri penyamakan kulit.

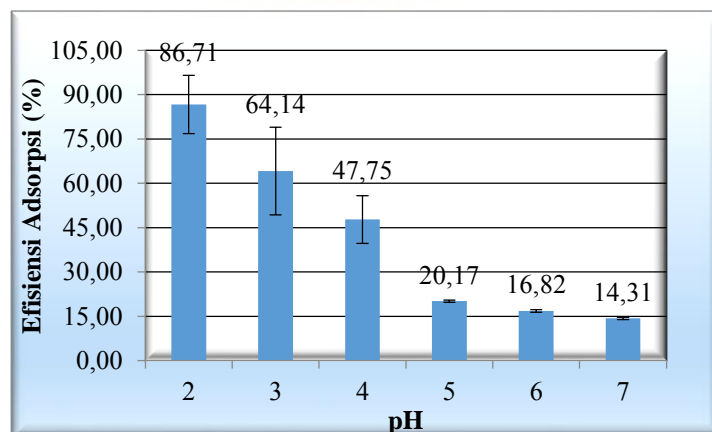
Pengujian Karakteristik Adsorben

Pengujian dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dan morfologi dari adsorben *fly ash* batu bara. Identifikasi pada keberadaan ikatan dan gugus fungsi dalam adsorben dilihat menggunakan FTIR. Morfologi, porositas, dan ketebalan adsorben dilihat menggunakan SEM-EDX. (Santoso, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi Cr⁶⁺ dengan Variasi pH

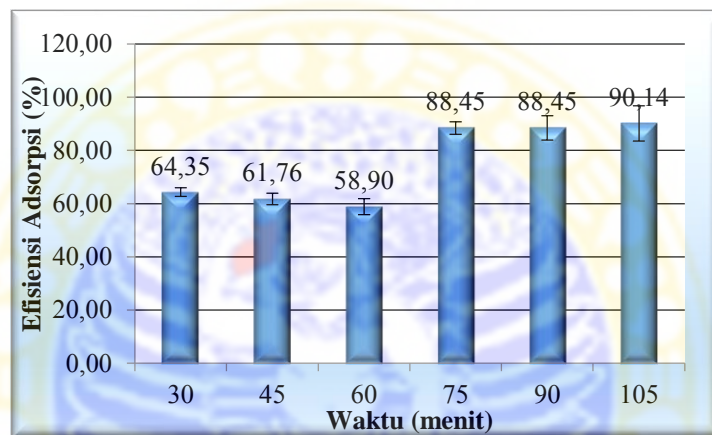
Efisiensi adsorpsi Cr⁶⁺ dengan variasi pH dapat dilihat pada Gambar 1. Efisiensi adsorpsi optimum terjadi pada pH 2 yaitu 86,71%. Nilai optimum pada penelitian ini adalah nilai efisiensi adsorpsi tertinggi yang didapatkan pada setiap perlakuan. Efisiensi adsorpsi optimum terjadi pada pH 2, hal ini diduga karena adanya 2 bentuk ion Cr yang pembentukannya dipengaruhi oleh konsentrasi asam. Bentuk ion Cr⁶⁺ didalam larutan, pertama ion CrO₄⁻ (kromat) berwarna kuning dan kedua ion Cr₂O₇²⁻ (dikromat) berwarna oranye. Ion Cr₂O₇²⁻ lebih banyak terbentuk dalam suasana yang lebih asam dibandingkan ion CrO₄⁻ (Zakaria *et al.*, 2013). Menurut Afrianita *et al.* (2013) perubahan efisiensi pada variasi pH merupakan peran ion H⁺ dan OH⁻. pH adsorbat mempengaruhi gaya elektrostatis ion untuk berhubungan dengan gugus fungsi pada adsorben.



Gambar 1. Efisiensi adsorpsi Cr⁶⁺ dengan variasi pH

Adsorpsi Cr⁶⁺ dengan Variasi Waktu Kontak

Efisiensi adsorpsi Cr⁶⁺ optimum dengan variasi waktu kontak terjadi pada menit ke-75 yaitu 88,45%. Hasil efisiensi adsorpsi selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2. Penentuan waktu kontak optimum yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan. Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh tipe adsorben (jumlah dan jenis ruang pengikatan), ukuran dan fisiologi adsorben (aktif atau tidak aktif), ion yang terlibat dalam sistem adsorpsi, konsentrasi ion logam (Syauqiah *et al.*, 2011).



Gambar 2. Efisiensi adsorpsi Cr⁶⁺ dengan variasi waktu kontak

Aplikasi Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit

Percobaan aplikasi pada limbah cair penyamakan kulit ini dilakukan dengan pH 2 dan waktu kontak 75 menit. Suhu dan pH limbah cair penyamakan kulit ini berturut-turut 30⁰C dan 3,1. Sedangkan, warna limbah cair penyamakan kulit ini adalah berwarna hijau kebiruan. Efisiensi adsorpsi Cr⁶⁺ pada limbah adalah tidak terdeteksi karena konsentrasi awal dan akhir Cr⁶⁺ sudah mencapai batas minimum deteksi alat Spektrofotometer sinar tampak yaitu <0,0051 mg/L (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa industri yang digunakan sebagai tempat *sampling* sudah tidak menggunakan Cr⁶⁺ untuk penyamakan.

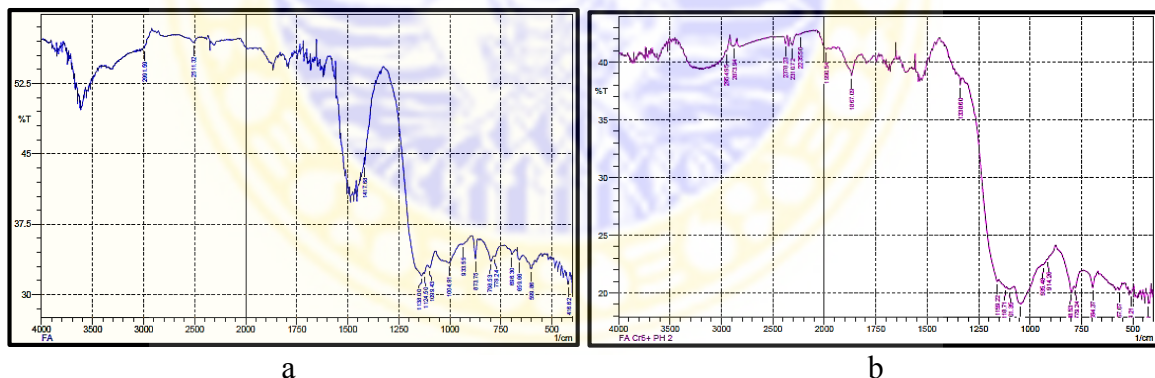
Tabel 1. Hasil Adsorpsi Cr⁶⁺ Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit

Kode	Konsentrasi Cr(VI) Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr(VI) Akhir (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi (%)
1	< 0,0051	< 0,0051	tidak terdeteksi
2	< 0,0051	< 0,0051	tidak terdeteksi
3	< 0,0051	< 0,0051	tidak terdeteksi

4	< 0,0051	< 0,0051	tidak terdeteksi
5	< 0,0051	< 0,0051	tidak terdeteksi
6	< 0,0051	< 0,0051	tidak terdeteksi
7	< 0,0051	< 0,0051	tidak terdeteksi
8	< 0,0051	< 0,0051	tidak terdeteksi

Karakteristik Adsorben Fly Ash Batu Bara Menggunakan FTIR

Hasil analisis FTIR terhadap adsorben *fly ash* batu bara sebelum dan setelah dikontakkan dengan larutan artifisial Cr^{6+} dapat dilihat pada Gambar 3. Pada adsorben sebelum dikontakkan dengan larutan artifisial mengandung gugus O-H, C-H alkana, C-O, dan C-H alkena. Sesudah dikontakkan dengan larutan artifisial mengandung gugus yang sama dan mengalami pergeseran bilangan. Selain terjadi pergeseran bilangan, muncul bilangan gelombang 424,34 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan Cr-N dengan intensitas 19,064%, biasanya muncul pada kisaran bilangan gelombang 390 cm^{-1} dan 567,07 cm^{-1} menunjukkan ikatan Cr-O pada bilangan gelombang 567,07 cm^{-1} dengan intensitas 20,258%, yang biasanya terlihat pada bilangan gelombang 570-590 cm^{-1} (Aranha *et al.*, 2006).

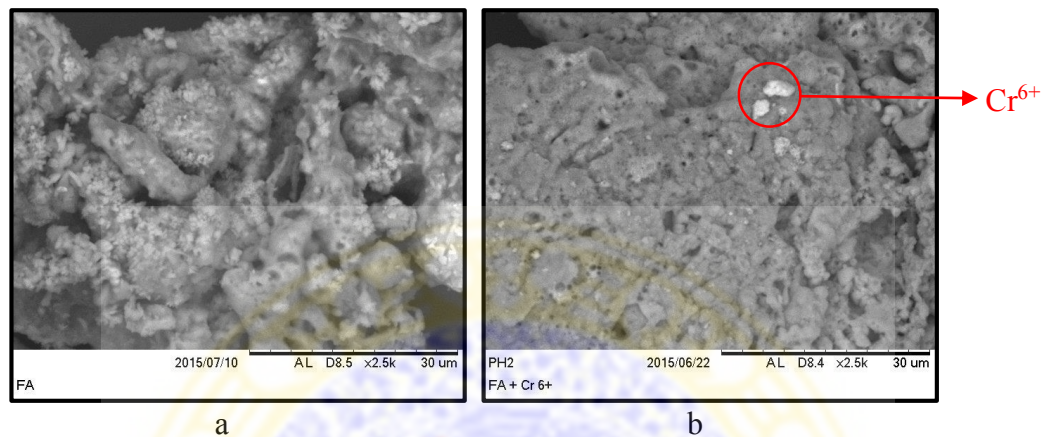


Gambar 3. Hasil FTIR adsorben *fly ash* batu bara (a) sebelum dikontakkan dengan larutan artifisial Cr^{6+} , (b) setelah dikontakkan dengan larutan artifisial Cr^{6+} .

Karakteristik Adsorben Fly Ash Batu Bara Menggunakan SEM-EDX

Hasil analisis SEM-EDX terhadap adsorben *fly ash* batu bara sebelum dan setelah dikontakkan dengan larutan artifisial Cr^{6+} dapat dilihat pada Gambar 4. Pada adsorben sebelum dikontakkan dengan larutan artifisial mengandung unsur-unsur C, O, dan mineral (Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, dan Fe). Unsur O mendominasi *fly ash*

batu bara yang menunjukkan memiliki struktur berongga. Sesudah dikontakkan dengan larutan artifisial terlihat perubahan bentuk permukaan dan terdapat gumpalan putih yang merupakan adsorbat. Selain itu, mengandung unsur yang sama dan terdapat unsur tambahan, yaitu kromium dan sulfur.



Gambar 3. Hasil SEM-EDX adsorben *fly ash* batu bara (a) sebelum dikontakkan dengan larutan artifisial Cr^{6+} , (b) setelah dikontakkan dengan larutan artifisial Cr^{6+} .

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. pH optimum untuk adsorpsi larutan artifisial Cr^{6+} menggunakan adsorben *fly ash* batu bara adalah pH 2 dengan efisiensi 86,71%.
2. Waktu kontak optimum untuk adsorpsi larutan artifisial Cr^{6+} dengan pH optimum, menggunakan adsorben *fly ash* batu bara adalah waktu kontak ke-75 menit dengan efisiensi 88,45%.
3. Efisiensi adsorpsi Cr^{6+} pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan adsorben *fly ash* batu bara. Tidak dapat diketahui karena nilai konsentrasi Cr^{6+} berada dibawah batas deteksi alat yang digunakan.
4. Adsorben *fly ash* batu bara sebelum dikontakkan dengan larutan artifisial Cr^{6+} mengandung gugus O-H, C-H alkana, C-O, dan C-H alkana. Setelah dikontakkan dengan larutan artifisial Cr^{6+} mengandung gugus yang sama dengan pergeseran bilangan gelombang, hal ini menunjukkan adanya interaksi antara gugus adsorben *fly ash* batu bara dengan Cr. Untuk memperkuat data hasil FTIR pada adsorben *fly ash* batu bara digunakan instrumen SEM-EDX,

hasil yang diperoleh unsur-unsur C, O, dan mineral (Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, dan Fe). Setelah dikontakkan dengan larutan artifisial Cr^{6+} terjadi penurunan massa Ca dan peningkatan massa Cr, hal ini membuktikan bahwa Cr telah terikat pada adsorben *fly ash* batu bara.

Saran

1. Adsorben *fly ash* batu bara perlu dilakukan aktivasi secara kimia untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang ada pada *fly ash* batu bara, sehingga kemampuan efisiensi penyisihan adsorpsi semakin meningkat.
2. Pengambilan sampel dilakukan secara berturut-turut selama 7 hari pada lokasi pengambilan sampel di *outlet* industri, *inlet* IPAL, *outlet* IPAL, dan dibadan air sekitar industri penyamakan kulit.
3. Penambahan parameter lain seperti suhu, ukuran partikel, dan massa. Selain, menggunakan variasi pH dan waktu untuk mengetahui kemampuan efisiensi adsorpsi *fly ash* batu bara sesungguhnya terhadap adsorbat.


DAFTAR PUSTAKA




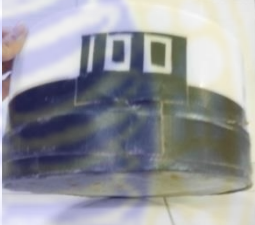
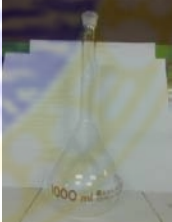


- Aranha, P. E., Santos, M. P. D., Romera, S., and Dockal, E. R., 2006. Synthesis, characterization, and spectroscopic studies of tetradentate Schiff base chromium (III) complexes. *Polyhedron*, Elsevier **10** (1016). 5-6.
- Anonim, 1988. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor. 2/MENLH/I/1988 Tentang Baku Mutu Air pada Sumber Air menurut Golongan Air. Menteri Lingkungan Hidup.
- Afrianita, R., Dewilda, Y., dan Monica, R., 2013. Studi Penentuan Kondisi Optimum Fly Ash sebagai Adsorben dalam Menyisihkan Logam Berat Kromium (Cr). *Jurnal Teknik Lingkungan* **10** (2), Universitas Andalas. 104-110.
- Darminto dan Suryaning, K. G., 2008. Pengaruh Waktu Kontak Tanah *Diatomeae* Terhadap Peningkatan Hasil Reduksi Cr(VI) oleh Fotokatalisis TiO_2 . *Jurnal Chemica* **9** (2). Jurusan Kimia. FMIPA UNM. 1-7.
- Palar, H., 2012. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta. 23-38, 133.



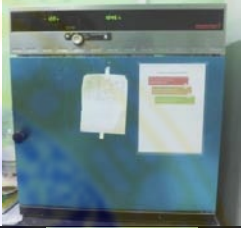




- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, A. H., 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*. **12** (1). 11-20.
- Sahat, 2005. Pengendalian Limbah Cair (Limbah Elektroplating) yang Mengandung Ion Logam Berat Kromium dan Kadmium Menggunakan Gabungan Abu Terbang Batu Bara, Serbuk Gergaji dan Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Mesin* **2** (2), Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang. 75-82.
- Sembodo, T. S. B., 2005. Adsorpsi Timbal pada Abu Sekam Padi. *Ekulibrium* **4** (2), Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 100-105.
- Wahyuni, S., 2010. Adsorpsi Ion Logam Zn(II) pada Zeolit A yang Disentesis dari Abu Dasar Batubara PT IPMOMI Paiton dengan Metode Batch. *Tugas Akhir*. Jurusan Kimia, FMIPA ITS, Surabaya.
- Zakaria, A., Taufiq, A., dan Purwamargapratala, Y., 2013. Kapasitas Adsorpsi Arang Bambu dan Arang Bambu Teraktivasi Basa dalam Menyerap Ion Cr⁶⁺. *Jurnal Teknologi Pengolahan Limbah* **16**, 25-34.
- Elmeiri, M. F., 2014. Penjerapan Nikel dengan Menggunakan Adsorben Abu Layang Batu Bara. *Skripsi*. Jurusan ITL, FST UNAIR, Surabaya. 26-29.

Lampiran 2. Bahan dan Alat Penelitian









Nama Bahan/Alat	Gambar
Limbah cair industri penyamakan kulit	
Adsorben <i>fly ash</i> batu bara	
$K_2Cr_2O_7$	
HCl 3 M	
Aquademin	
Kertas saring	

<p>Plastik</p>			
<p><i>Tissue</i> kering</p>			
<p>Kertas label</p>			
<p>Sarung tangan</p>			
<p>Pipet, spatula, sendok</p>			
<p><i>Box</i> steorofoam</p>			
<p>Loyang</p>			

<p>Jerigen 2 dan 25 Liter</p>	
<p>Botol sampel 100 ml</p>	
<p>Botol sampel kaca 250 ml</p>	
<p>Saringan 100 mesh</p>	
<p>Labu ukur 1000 ml</p>	
<p>Gelas ukur 100 ml</p>	
<p>Coring <i>Buchner</i></p>	

<p><i>Shaker</i></p>		
<p>pH meter</p>		
<p>Oven</p>		
<p>Neraca analitik</p>		
<p>Pompa vakum</p>		
<p>Spektrofotometer sinar tampak</p>		
<p>FTIR</p>		

Lampiran 3. Kegiatan Penelitian

 <p>Persiapan <i>fly ash</i> batu bara</p>	 <p>Pengovenan <i>fly ash</i> batu bara</p>
 <p>Pengecekan pH limbah cair penyamakan kulit</p>	 <p>Memasukkan limbah penyamakan kulit ke dalam jerigen</p>
 <p>Membuat larutan Cr^{6+} 100 mg/L</p>	 <p>Memasukkan ke botol sampel sebanyak 100 ml</p>
 <p>Memasukkan adsorben ke dalam botol sampel</p>	 <p>Pengaturan pH dengan penambahan HCl 3 M</p>



Mengecek pH dengan pH meter



Sampel dishaker



Penyaringan filtrat



Memasukkan filtrat ke botol sampel dan siap untuk dianalisis



Lampiran 4. Data Efisiensi Adsorpsi Cr⁶⁺ dengan Variasi pH

pH = 2 Ulang	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	2,10	2,14	102,38	8,93	91,28
	B	2,29	2,33	102,38	6,69	93,47
	C	2,20	2,24	102,38	25,20	75,38
Rata-Rata		2,19	2,23	102,38	13,61	86,71
Standar Deviasi				0	10,10	9,87

pH = 3	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	3,5	3,52	102,40	34,50	66,31
	B	3,52	3,52	102,40	38,55	62,35
	C	3,17	3,2	102,40	37,10	63,77
Rata-Rata		3,40	3,41	102,40	36,72	64,14
Standar Deviasi				0	2,05	2,00

pH = 4	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	4,33	4,34	103,10	60,16	41,65
	B	4,42	4,42	103,10	56,98	44,73
	C	4,31	4,31	103,10	44,48	56,86
Rata-Rata		4,35	4,36	103,10	53,87	47,75
Standar Deviasi				0	8,29	8,04

pH = 5	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	5,32	5,3	101,70	81,18	20,18
	B	5,19	5,31	101,70	81,58	19,78
	C	5,52	5,52	101,70	80,80	20,55
Rata-Rata		5,34	5,38	101,70	81,19	20,17
Standar Deviasi				0	0,39	0,38

pH = 6	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	6,52	6,53	103,60	86,06	16,93
	B	6,16	6,16	103,60	85,76	17,22
	C	6,58	6,58	103,60	86,70	16,31
Rata-Rata		6,42	6,42	103,60	86,17	16,82
Standar Deviasi				0	0,48	0,46

pH = 7	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	7,36	7,34	103,10	88,25	14,40
	B	7,28	7,28	103,10	88,02	14,63
	C	7,34	7,35	103,10	88,78	13,89
Rata-Rata		7,32	7,32	103,10	88,35	14,31
Standar Deviasi				0	0,39	0,38



Lampiran 5. Data Uji Statistik pada Variasi pH

a. Uji Normalitas

		Efisiensi
N		18
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	41.6494
	Std. Deviation	28.21205
Most Extreme Differences	Absolute	.273
	Positive	.273
	Negative	-.163
Kolmogorov-Smirnov Z		1.157
Asymp. Sig. (2-tailed)		.137

b. Uji Homogenitas

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.741	5	12	.251

c. Uji Anova One-Way

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13197.300	5	2639.460	95.019	.000
Within Groups	333.339	12	27.778		
Total	13530.640	17			

d. Uji Duncan

pH	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
7.00	3	14.3067			
6.00	3	16.8200			
5.00	3	20.1700			
4.00	3		47.7467		
3.00	3			64.1433	
2.00	3				86.7100
Sig.		.219	1.000	1.000	1.000

Lampiran 6. Data Efisiensi Adsorpsi Cr⁶⁺ dengan Variasi Waktu

30 menit	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	2,32	2,3	102,38	35,56	65,26
	B	2,35	2,2	102,38	35,54	65,28
	C	2,19	2,2	102,38	38,40	62,49
Rata-Rata		2,29	2,23	102,38	36,50	64,35
Standar Deviasi				0	1,65	1,61

45 menit	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	2,28	2,21	102,38	41,64	59,33
	B	2,4	2,56	102,38	37,35	63,52
	C	2,37	2,31	102,38	38,45	62,44
Rata-Rata		2,35	2,36	102,38	39,15	61,76
Standar Deviasi				0	2,23	2,18

60 menit	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	2,15	2,44	102,38	45,46	55,59
	B	2,33	2,25	102,38	39,38	61,53
	C	2,19	2,17	102,38	41,39	59,57
Rata-Rata		2,22	2,29	102,38	42,08	58,90
Standar Deviasi				0	3,10	3,03

75 menit	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	2,5	2,44	102,38	10,22	90,02
	B	2,31	2,25	102,38	10,64	89,61
	C	2,21	2,17	102,38	14,60	85,74
Rata-Rata		2,34	2,29	102,38	11,82	88,45
Standar Deviasi				0	2,42	2,36

90 menit	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	2,28	2,21	102,38	7,45	92,72
	B	2,4	2,56	102,38	11,20	89,06
	C	2,37	2,31	102,38	16,81	83,58
Rata-Rata		2,35	2,36	102,38	11,82	88,45
Standar Deviasi				0	4,71	4,60

105 menit	Kode	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Awal (mg/L)	Konsentrasi Cr ⁶⁺ Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)
	A	2,32	2,3	102,38	17,62	82,79
	B	2,35	2,2	102,38	8,02	92,17
	C	2,19	2,2	102,38	4,63	95,48
Rata-Rata		2,29	2,23	102,38	10,09	90,14
Standar Deviasi				0	6,74	6,58



Lampiran 7. Data Uji Statistik Pada Variasi Waktu Kontak

a. Uji Normalitas

		Efisiensi
N		18
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	42,8961
	Std. Deviation	29,81609
Most Extreme Differences	Absolute	,273
	Positive	,273
	Negative	-,165
Kolmogorov-Smirnov Z		1,159
Asymp. Sig. (2-tailed)		,136

b. Uji Homogenitas

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.064	5	12	.141

c. Uji Anova One-Way

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3416,639	5	683,328	47,378	,000
Within Groups	173,074	12	14,43		
Total	3589,713	17			

d. Uji Duncan

Waktu (Menit)	N		
		1	2
60	3	58,8967	
45	3	61,7633	
30	3	64,3433	
90	3		88,4533
75	3		88,4567
105	3		90,1467
Sig.		,120	,613