KESETIMBANGAN ADSORPSI ISOTERMIS LOGAM Cr (VI) PADA *FLY ASH*

Saripah sobah^{1*)}, Fitria¹⁾, Yano Hurung Anoi²⁾, Diana³⁾, dan Precast Octavianus³⁾

¹Program Studi Teknik Kimia Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang, Jl Brigjend Katamso No. 40, Bontang

²Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang, Jl Brigjend Katamso No. 40, Bontang

³Laboratorium P.T. Pupuk kalimatan Timur, Jl. James Simandjuntak No.1, Bontang

*Email: sobahbtg@gmail.com

ABSTRACT

The Purpose of this study was to determine the optimum adsorption time of fly ash from the PT. Pupuk Kaltim in adsorbing Cr metal, optimal stirring speed, and optimal weight of fly ash under isothermic conditions in batches using the Langmuir equation has been carried out at atmospheric conditions, temperature 27°C. Fly ash varies in weight and stirring speed. The filtrate was added with 2 mL of 0.1% NH₄Cl after equilibrium, then analyzed using AAS AA-7000. The optimal adsorption time of fly ash in adsorbing Cr metal is 60 minutes. The optimal adsorption weight of fly ash is in 50 mL of Cr solution is 2 grams with an average efficiency value of 91.22%. The optimum stirring speed of fly ash to adsorb Cr metal is 200 rpm.

Keywords: isothermic adsorption, fly ash, Cr metal

PENDAHULUAN

Penggunaan batubara di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Rata-rata pemanfaatan dalam negeri tersebut terbesar diperuntukkan untuk kelistrikan yaitu 83% dan selebihnya untuk industri semen, pupuk, tekstil pulp, metalurgi, briket dan lainnya sebesar 17%. Cadangan batubara diperkirakan akan habis dalam waktu 70 tahun bila tidak diimbangi dengan penemuan cadangan baru (Fitriana dkk., 2017)

Batubara menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan yaitu limbah gas seperti CO₂, NO_x, CO, SO₂, hidrokarbon dan limbah padat. Limbah padat batubara berupa abu, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar atau *bottom ash*. Abu batubara mengandung logam beracun dalam konsentrasi yang jauh lebih tinggi apabila dilepaskan ke lingkungan oleh pembangkit listrik berbahan bakar batubara di Amerika (Lokeshappa dan Dikshit 2012)

Produksi abu terbang di Indonesia ini terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 miliar ton dan mencapai 2 miliar ton pada 2006. PLTU Suralaya sebagai salah satu anak perusahaan dari PLN dan Independent Power Producer (IPP), menghasilkan limbah batubara

sebesar 2,7 juta ton/tahun dan bisa terus bertambah hingga 11,2 juta ton/tahun pada 2027 (Thahir, 2017). Berdasarkan data Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan KESDM pada tahun 2018, proyeksi kebutuhan batubara hingga 2027 sebesar 162 juta ton. Prediksi potensi FAB (Abu batu bara/*fly ash*) yang dihasilkan sebesar 16,2 juta ton, dengan asumsi 10% dari pemakaian batubara. (Damayanti, 2018)

Kromium dan senyawanya banyak digunakan pada beberapa industri seperti finishing logam, pewarna, pigmen, tinta, kaca, keramik, penyamakan, tekstil, pewarnaan dan pengawetan kayu dan lem. Logam kromium memberi dampak yang sangat buruk bagi lingkungan karena sifatnya yang sangat *toxic* dan terutama bagi kesehatan manusia (Lakherwal 2014). Menurut WHO, Cr (VI) adalah ion logam bersifat racun yang dapat menyebabkan gangguan sintesis DNA dan meningkatkan perubahan mutagen yang dapat menyebabkan tumor. Batasan maksimum air minum mengandung kromium sebesar 0,05 mg/dm. Pada air tanah, rata-rata kandungan kromium sebesar 0,07-2 mg/dm. Kromium akan terakumulasi di ginjal dan hati.

Teknik penyisihan logam yang bisa digunakan adalah presipitasi kimia, koagulasi-flokulasi,

elektrokimia, oksidasi dengan ozon atau hidrogen peroksida, filtrasi membran, ion exchange, degradasi fotokatalitik, dan adsorpsi (Damayanti dkk, 2018). Adsorpsi banyak dikembangkan karena memiliki keunggulan seperti fleksibel dan sederhana, tidak sensitif terhadap polutan toksik, kebutuhan energi rendah, bisa menghasilkan efluen kualitas tinggi, serta biaya yang relatif murah (Ahmaruzzaman, 2011). Menurut Kan dkk, 2013 adsorpsi merupakan salah satu proses pengolahan air yang efektif dan sering digunakan untuk menghilangkan logam berat. Pemanfaatan *fly ash* sebagai adsorben telah banyak diteliti baik sebagai adsorben senyawa organik seperti Chlorophenols, o-xylene, phenol, toluene, minyak dan tar maupun senyawa anorganik seperti SO_x, nitrat, Cd, Se, Rd, Sr, Zn, Ni, F, Nox, Pb, Hg, Ba, Co, Cu, Ce, Fe dan amoniak (Ulku, 2010). Adsorpsi menggunakan *Fly ash* juga merupakan solusi biaya rendah untuk pengolahan air limbah tingkat lanjut (Visa, 2012)

Dalam penelitian ini *fly ash* yang digunakan adalah limbah yang berasal dari Boiler Batu Bara PT Pupuk Kaltim. *Fly ash* digunakan sebagai adsorben dalam menyisihkan logam berat Chromium yaitu Cr(VI). Kondisi optimum Penyerapan Cr oleh *fly ash* yang diteliti adalah variabel waktu kontak, berat *fly Ash* dan kecepatan pengadukan.

Model kesetimbangan adsorpsi yang digunakan untuk mempresentasikan data percobaan adsorpsi isoterm yang biasa digunakan adalah persamaan Langmuir yaitu:

$$q = \frac{q_{\max} bC}{1 + bC} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

q = jumlah senyawa i terserap tiap satuan berat zeolit.

$q_{\max}$ = konstanta yang menyatakan jumlah luas permukaan adsorpsi yang telah tertentu dan tidak tergantung pada temperatur.

b = konstanta kesetimbangan untuk senyawa i

C = konsentrasi setimbang i dalam fase larutan (Al Duri, 1995)

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* yang diperoleh dari Pabrik Boiler Batu Bara PT. Pupuk Kalimantan Timur, larutan Cr(NO₃)₃, larutan NH₄Cl 0,1 % , larutan HNO₃ 1 %, dan air demin yang diolah lagi menjadi bidest di laboratorium.

Alat Penelitian

Gambar 1. Rangkaian Alat Adsorpsi Cr dengan *fly ash*

Keterangan gambar:

a. Termometer	e. Pengatur suhu
b. Gelas beaker 50 ml	f. Larutan
c. Stirer	g. Fly ash
d. Magnetik Stirer	h. Pengatur putaran

Prosedur Penelitian

Waktu kontak ditentukan dengan membuat larutan standar Cr dengan konsentrasi 8 mg/L sebanyak 250 mL. Sebanyak 2 gram *fly ash* ditambahkan kedalam 50 mL larutan Cr lalu diaduk dengan menggunakan magnetik stirer pada kecepatan 150 rpm, masing-masing selama 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Sebanyak 20 mL larutan disaring dan diambil filtratnya dan ditambahkan 2 mL NH₄Cl 0,1 % di dalam tabung reaksi. Hasil dianalisis menggunakan AAS AA-7000

Variasi berat Cr yang digunakan adalah 2 mg/L, 4 mg/, 6 mg/L, 8 mg/L. Dan variasi kecepatan pengadukan yang digunakan adalah 150 rpm, 200 rpm, 250 rpm dan 300 rpm

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Waktu Kesetimbangan

Waktu kontak penyerapan pada kondisi suhu 27°C, berat fly ash 2 gram, kecepatan pengadukan 150 rpm, dan volume larutan Cr 50 mL, disajikan pada gambar 1.

Gambar 1. Hubungan antara waktu kontak dengan Cr yang terserap

Kenaikan konsentrasi awal pada adsorpsi isotermis diikuti dengan meningkatnya jumlah zat yang teradsorpsi sehingga mencapai kesetimbangan. Adsorpsi Langmuir berasumsi bahwa pada permukaan adsorben terdapat sisi aktif yang sebanding dengan luas adsorben. Pada keadaan sisi aktif belum jenuh dengan adsorbat maka peningkatan konsentrasi adsorbat yang dipaparkan akan meningkat secara linear dengan jumlah adsorbat yang teradsorpsi (Oscik, 1982).

Hasil penelitian ini menunjukkan kemampuan menyerap logam Cr hingga terus meningkat hingga menit ke-60. Hal ini menunjukkan bahwa sisi aktif belum jenuh hingga menit ke 60. Pada rentang waktu kontak 60-120 menit, bertambahnya waktu kontak tidak diikuti dengan bertambahnya jumlah Cr terserap secara signifikan, Hal ini menunjukkan bahwa sisi aktif adsorben sudah mulai jenuh.

Kecepatan Pengadukan Optimum Fly Ash dalam menyerap logam Cr

Kecepatan optimum *fly ash* dalam menyerap logam berat Cr pada kondisi suhu 27°C, waktu 60 menit, dan volume larutan Cr 50 mL, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap jumlah Cr yang terserap (T= 27°C, t= 60 menit, m=1 gram, v=50 mL)

No	Kons awal mg/L	Kecepatan pengadukan, rpm	Cr terserap tiap satuan berat Fly Ash, mg/g	Cr terserap dengan persamaan Langmuir
1	2,144	100	0,012	0,012
2	4,546	100	0,016	0,016
3	6,647	100	0,025	0,025
4	8,509	100	0,054	0,054
5	2,144	150	0,015	0,015
6	4,546	150	0,022	0,0220
7	6,647	150	0,049	0,0490
8	8,509	150	0,090	0,0900
9	2,144	200	0,016	0,0160
10	4,546	200	0,024	0,0240
11	6,647	200	0,053	0,0530
12	8,509	200	0,094	0,0940
13	2,144	250	0,015	0,0490
14	4,546	250	0,020	0,0910
15	6,647	250	0,029	0,1400
16	8,509	250	0,104	0,1930
17	2,144	300	0,014	0,0140
18	4,546	300	0,022	0,0220
19	6,647	300	0,024	0,0240
20	8,509	300	0,099	0,0990

Pada Tabel 1. memperlihatkan bahwa jumlah Cr yang terserap optimum pada kecepatan pengadukan 200 rpm yaitu sebesar 0,468 mg/g. Kecepatan pengadukan menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Pada kecepatan lambat, proses adsorpsi berlangsung lambat pula akan tetapi kecepatan pengadukan yang terlalu besar dapat menyebabkan rusaknya struktur adsorben sehingga proses adsorpsi kurang optimal (Mulyatna, 2003). Adsorbat yang telah menempel dan membentuk flok nantinya akan kembali pecah karena besarnya kecepatan pengadukan.

Gambar 2. Hubungan Kecepatan Pengadukan dan Jumlah Cr yang terserap

Tabel 2. Persamaan Isoterm pada kecepatan pengadukan ($T = 27^{\circ}\text{C}$, $t = 60$ menit, $m = 1$ gram, $v = 50$ mL)

No	Kecepatan Pengadukan, rpm	Tetapan Persamaan Isoterm		Ralat rata-rata, %
		b_1	q_1	
1	100	0,1019	0,0706	20,11
2	150	0,0005	15,1515	26,02
3	200	-0,0012	-6,9930	24,59
4	250	0,0202	1,3396	9,91
5	300	0,0792	0,1056	32,06

Berat Fly Ash optimum dalam menyerap logam Cr

Berat optimum *fly ash* dalam menyerap logam berat Cr pada kondisi suhu 27°C , waktu 60 menit, kecepatan pengadukan 150 rpm, dan volume larutan Cr 50 mL, disajikan pada tabel 4.

Efisiensi meningkat dengan bertambahnya berat *fly ash*, akan tetapi jika dilihat dari efisiensinya, nilai optimum terjadi pada berat *fly ash* 2 gram, karena hampir mencapai 100%. Jika penelitian ini harus dilanjutkan dengan meningkatkan berat *fly ash*, yakni 2,5 gram, 3 gram, 3,5 gram, 4 gram, dan seterusnya untuk konsentrasi Cr 2 mg/L sampai dengan 8 mg/L, maka pertambahan berat dan pertambahan nilai efisiensi tidak lebih besar dari 10%.

Tabel 3. Efisiensi jumlah Cr yang terserap dengan variasi berat Cr ($T = 27^{\circ}\text{C}$, $t = 60$ menit, kecepatan pengadukan=150 rpm, $v = 50$ mL)

No	Berat Fly Ash gram	Cr terserap tiap satuan berat Fly Ash, mg/g	Efisiensi Rata-rata (%)
1	0.5026	0.014	4.75
2	0.5027	0.016	
3	0.5025	0.026	
4	0.5027	0.038	
5	1.0026	0.014	8.01
6	1.0026	0.015	
7	1.0026	0.019	
8	1.0026	0.023	
9	1.5028	0.014	31.03
10	1.5027	0.042	
11	1.5027	0.080	
12	1.5027	0.095	
13	2.0027	0.049	91.22
14	2.0027	0.091	
15	2.0026	0.140	
16	2.0028	0.193	

Tabel 4. Persamaan Isoterm pada pengaruh berat Cr ($T = 27^{\circ}\text{C}$, $t = 60$ menit, kecepatan pengadukan=150 rpm, $v = 50$ mL)

No	Berat Cr, gram	Tetapan Persamaan Isoterm		Ralat rata-rata, %
		b_1	q_1	
1	0,5	0,1466	0,0557	12,99
2	1,0	0,4848	0,0257	7,17
3	1,5	-0,0927	-0,0557	24,72
4	2,0	-0,0118	-1,8100	1,79

KESIMPULAN

1. Waktu Penyerapan Optimum *fly ash* dalam menyerap logam Cr adalah 60 menit
2. Kecepatan Pengadukan optimum *fly ash* dalam menyerap logam Cr adalah 200 rpm.

3. Berat optimum penyerapan *fly ash* adalah pada 50 mL larutan Cr adalah 2 gram dengan rata-rata nilai efisiensi 91,22%

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmaruzzaman, M., 2011, Industrial wastes as low-cost potential adsorbents for the treatment of wastewater laden with heavy metals, *Colloid and Interface Science*, 166, 36–59.
- Al-Duri, B., 1995, *A Review in Equilibrium in Single and Multicomponent Liquid Adsorption System*, *Review in Chemical Engineering*, 11, p.p.101-143.
- Damayanti, R., 2018, *Coal Ash and Its Utilization: A Technical Review on Its Chemically Characteristics and Toxicology*, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* Volume 14, Nomor 3, September 2018 : 213 – 231.
- Damayanti, L., Notodarmodjo, S., Damanhurib, E., Penyisihan Logam Cu (II) dari larutan dengan Fly ash Batubara, *Jurnal Neo Teknik* Vol. 4 No 1, Juni 2018, hal. 30-38.
- Fitriana, I., Anindhita, Sugiyono, A., Wahid, L. M. A. and Adiarso (eds.) (2017) *Outlook energi Indonesia 2017: Inisiatif pengembangan teknologi energi bersih*. Jakarta: Pusat Teknologi Sumber Daya Energi dan Industri Kimia.
- Lakherwal, D, 2014., *Adsorption of Heavy Metals, A Review*, *International Journal of Environmental Research and Development* 4(1): 41-48.
- Lokeshappa B and Dikshit, A. K. (2012) “Behaviour of metals in coal fly ash ponds,” *APCBEE Procedia*, 1, pp. 34–39.
- Mulyatna, L, dkk. 2003. Pemilihan Persamaan Adsorpsi Isoterm Pada Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kulit Kacang Tanah Terhadap Zat Warna Remazol Golden Yellow 6. *Jurnal Infomatek*, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik: Universitas Pasundan.
- Noll, K.E., Gaurnaris, V. and Hou, W.S. 1992. *Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control*. pp.1-8. Lewis Publisher Inc. Michigan.
- Oscik, J. (1982) *Adsorption*, Ellis Harwood, Limited, England
- Setiaka, Juniawan, Ita Ulfin, Nurul Widiastuti., 2011, *Adsorpsi Ion Logam Cu dalam Larutan pada Abu Dasar Batubara Menggunakan Metode Kolom*, *Prosiding Tugas Akhir. Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya.
- Thahir, Z. A. (2017) *Pemanfaatan fly ash dan bottom ash dari PLTU Suralaya Banten untuk pembuatan GEOPAV*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Treybal, R.E., 1981, *Mass Transfer Operatio*, 3ed., pp. 565-567, McGraw-Hill, Inc., Kogakusha Ltd., Tokyo.
- Ulku B.U., 2010., *Fixation and stabilization of heavy metals in a product composed of fly ash and industrial acidic wastes*, *Tesis Jurusan Teknik Kimia, Institiut Teknologi Izmir*.
- Visa, M., 2012, *Tailoring fly ash activated with bentonite as adsorbent for complex wastewater treatment*, *Applied Surface Science*, Volume 263, Pages 753-762.