



## PEMANFAATAN FLY ASH SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Co PADA LIMBAH CAIR

Safрил Kartika Wardana<sup>1</sup>, Linda Ekawati<sup>2\*</sup>, Primadya Pradipta<sup>3</sup>, Syahna Nur Assyffa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

<sup>2</sup> Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Lama, Ilir Barat, Kota Palembang, Sumatera Selatan - 30128

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Kimia, Universitas Serang Raya

Jl. Raya Cilegon No. Km 5, Taman, Drangong, Tatakan, Kota Serang, Banten - 42162

\* Korespondensi: e-mail: [linda.ekawati@polsri.ac.id](mailto:linda.ekawati@polsri.ac.id)

### Abstrak

*Logam cobalt (Co) dalam perairan dapat mengganggu kesehatan dan mencemari lingkungan. Penurunan kadar logam Co dalam perairan dapat dilakukan dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben fly ash sisa pembakaran batu bara. Aktivasi dilakukan untuk meningkatkan jumlah sisi aktif adsorben sehingga dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi. Optimasi dilakukan untuk memperoleh kondisi adsorpsi yang optimum. Kondisi optimum adsorpsi Co menggunakan fly ash terjadi pada massa adsorben sebesar 3,25 g, waktu adsorpsi selama 240 menit dengan nilai efisiensi adsorpsi >90%.*

**Kata kunci:** Adsorpsi, Abu terbang yang, Logam Co

Doi: <https://doi.org/10.29103/jtku.v13i1.16310>

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi tidak selalu memberikan dampak positif akan tetapi juga terdapat dampak negatif. Semakin pesat pembangunan maka semakin banyak pula limbah yang akan diproduksi dari proses tersebut. Limbah dapat merusak lingkungan darat maupun lingkungan perairan. Limbah yang masuk ke dalam wilayah perairan dapat memengaruhi kualitas air disisi lain air adalah kebutuhan dasar bagi makhluk hidup. Limbah logam berat merupakan salah satu limbah yang

dapat mencemari lingkungan perairan. Logam berat dalam perairan dapat teradsorpsi, terdistribusi dan terakumulasi di dalam tubuh.

Industri elektroplating, tambang, baterai, tekstil maupun kertas mampu menghasilkan limbah berupa logam berat seperti timbal (Pb), Zink (Zn), raksa (Hg), nikel (Ni), kadmium (Cd), krom (Cr), besi (Fe), mangan (Mn) dan kobalt (Co) (Qasem, dkk., 2021). Kobalt dapat berperan sebagai kofaktor vitamin B12 yang bermanfaat bagi otak dan sistem syaraf. Akan tetapi, konsentrasi kobalt yang berlebih dapat berbahaya bagi tubuh. Paparan logam berat dengan kadar melebihi abang batas bersifat toksik dan dapat menyebabkan beberapa penyakit kronis seperti kanker (karsinogenik), tiroid, penyakit jantung, penyakit gondok maupun kerusakan sistem reproduksi (Quiton, dkk., 2022). Akumulasi Co pada konsentrasi lebih tinggi dapat mempengaruhi kinerja hati dan ginjal serta dapat menyebabkan penyakit Alzheimer dan Parkinson (Sharma, dkk., 2020). Kobalt dalam lingkungan perairan terdapat dalam dua bentuk yaitu  $Co^{2+}$  dan  $Co^{3+}$ , akan tetapi bentuk  $Co^{2+}$  lebih banyak ditemukan (Beulah, 2017).

Penelitian pengurangan logam kobalt dalam limbah perairan telah banyak dilakukan. Sistem pengolahan yang telah dilakukan antara lain adsorpsi, elektrokoagulasi, maupun proses oksidasi (Qasem, dkk., 2021). Dari beberapa proses tersebut adsorpsi adalah metode yang banyak digunakan dalam pengurangan kobalt dalam limbah. Adsorpsi dipilih karena memerlukan biaya murah, kapasitas adsorpsi tinggi dan metode mudah. Terdapat beberapa jenis adsorben yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Co seperti karbon aktif, kitosan, material nanopartikel  $Fe_3O_4$ , serta adsorben berupa zeolit, silika dan lempung.

Silika dapat diperoleh dari beberapa sumber seperti sekam padi (Maliki, dkk., 2019) dan abu layang (*fly ash*) serta abu dasar (*bottom ash*) yang diperoleh dari limbah industri pengolahan batu bara (Golakota, dkk., 2019). Pemanfaatan fly ash sebagai adsoeban telah dilakukan oleh Castillo dkk., (2018) yaitu dalam

pengurangan kadar sulfat dalam perairan. Silika dalam fly ash dapat menurunkan konsentrasi zat warna pada suatu larutan (Aigbe, dkk., 2021). Penghilangan logam Co dalam limbah perairan menggunakan adsorben berupa fly ash (Musapatika, dkk., 2010) mengikuti isoterm Freundlich dengan kapasitas maksimum 0,401 mg/g. Penurunan kadar logam berat Co diperlukan optimasi seperti pH, waktu ineraksi, massa adsorben dan adsorbet dan suhu. Sehingga dalam jurnal ini akan dilakukan adsorpsi logam Co pada fasa cair menggunakan *fly ash* dari limbah industri.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain fly ash yang diambil dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), NaOH,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) yang diperoleh dari Merck dengan kualitas pro analisis (p.a.) serta akuades sebagai pelarut. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat gelas standar laboratorium, ayakan, Magnetic stirrer, dan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu aktivasi *fly ash*, proses adsorpsi Co dan analisis kadar Co setelah adsorpsi. Tahap pertama adalah aktivasi adsorben. Pre treatment berupa pengayakan dilakukan sehingga diperoleh *fly ash* dengan ukuran 53 – 180  $\mu\text{m}$ . Proses aktivasi *fly ash* sebagai adsorben dilakukan dengan penambahan larutan NaOH sebagai aktivator sehingga diperoleh pH 6.

Tahap kedua adalah adsorpsi Co dengan *fly ash* sebagai adsorben. Optimalisasi proses adsorpsi dilakukan dengan melakukan 3 variasi antara lain massa adsorben, konsentrasi adsorbat dan lama waktu kontak. Massa adsorben yang digunakan dari 0,25 – 3,25 g dengan interval 0,75 g. Larutan Co diperoleh dengan melarutkan  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  dalam pelarut  $\text{HNO}_3$  0,5 N. Larutan Co yang digunakan dalam penelitian ini memiliki konsentrasi 10, 25, 40, 55, dan 70 ppm. Variasi waktu

adsorpsi dilakukan untuk memperoleh lama adsorpsi optimal dengan mengontakan adsorben dengan adsorbat selama 120 sampai 240 menit dengan interval 30 menit.

Analisis kadar Co yang dapat teradsorp oleh *fly ash* dilakukan dengan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) pada panjang gelombang maksimum untuk logam Co. Hasil analisis dengan AAS kemudian diolah untuk memperoleh data nilai % efisiensi adsorpsi dan model adsorpsi yang terjadi.

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1 Penentuan Massa Adsorben Optimum

Massa adsorben dapat mempengaruhi banyaknya logam Co yang dapat teradsorp. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka semakin besar luas permukaan adsorben yang mengakibatkan adsorben lebih efektif dalam pengurangan kadar Co. Hasil penentuan massa *fly ash* optimum terdapat pada Tabel 1. Pada tabel tersebut *fly ash* dengan massa 0,25 g mampu mengurangi cobalt sebesar 27,42%. Nilai efisiensi optimum diperoleh pada massa *fly ash* yang digunakan sebesar 3,25 g dengan nilai persen efisiensi mencapai 99,64%.

Tabel 1. Hasil adsorpsi ion cobalt

No	Massa <i>fly ash</i> (gram)	Konsentrasi ion Cobalt (ppm)		Efisiensi Adsorpsi Ion Cobalt (%)
		Mula-mula	Setelah Adsorpsi	
1	0,25	55	39,92	27,42
2	1,00	55	18,19	66,93
3	1,75	55	4,48	91,85
4	2,50	55	0,24	99,56
5	3,25	55	0,20	99,64

### 3.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Co Terhadap Nilai Persen Efisiensi Adsorpsi

Variabel kedua adalah konsentrasi ion cobalt mula-mula. Pada tahap ini proses adsorpsi dilakukan menggunakan *fly ash* dengan massa 3,25 g sesuai dengan penelitian pada tahap sebelumnya. Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa terjadi kenaikan efisiensi adsorpsi ketika konsentrasi ion Co ditambah. Cobalt dengan konsentrasi mula-mula sebesar 10 ppm mampu teradsorp sebesar 9,571 ppm. penambahan konsentrasi Co mula-mula menghasilkan nilai persen efisiensi yang semakin besar. Konsentrasi Co mula-mula sebesar 70 ppm memberikan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 98,86%.

Tabel 2. Hasil adsorpsi ion cobalt

No	Massa adsorben (gram)	Konsentrasi ion Cobalt (ppm)		Efisiensi Adsorpsi Ion Cobalt (%)
		Mula-mula	Setelah Adsorpsi	
1	3,25	10	0,439	95,70
2	3,25	25	0,526	97,88
3	3,25	40	0,603	98,50
4	3,25	55	0,724	98,69
5	3,25	70	0,802	98,86

### 3.3 Analisis Waktu Optimum

Penentuan waktu optimum dilakukan dengan memvariasikan lamanya waktu kontak *fly ash* sebagai adsorben dengan cobalt. Waktu kontak optimum diperoleh dengan menginteraksikan *fly ash* dengan adsorbat selama 240 menit. interaksi cobalt dengan *fly ash* selama 120 menit mampu mengurangi kadar cobalt sebesar 9,696 ppm dari konsentrasi Co mula-mula sebesar 10 ppm. Penambahan waktu kontak pada proses adsorpsi dapat meningkatkan jumlah Co yang mampu teradsorp. Interaksi adsorben dan adsorbat selama 150, 180, dan 210 mampu

mengurangi kadar Co sebesar 9,728; 9,749 dan 9,727 ppm. Co mampu teradsorp secara optimum pada waktu kontak 240 menit dengan kadar Co tersisa sebesar 0,204 ppm dan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 97,96%. Hasil uji waktu optimum pada adsorpsi Co dengan fly ash terdapat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil adsorpsi ion cobalt

No	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi ion Cobalt (ppm)		Efisiensi Adsorpsi Ion Cobalt (%)
		Mula-mula	Setelah Adsorpsi	
1	1120	10	0,304	96,96
2	150	25	0,272	97,28
3	180	40	0,251	97,49
4	210	55	0,237	97,63
5	240	70	0,204	97,96

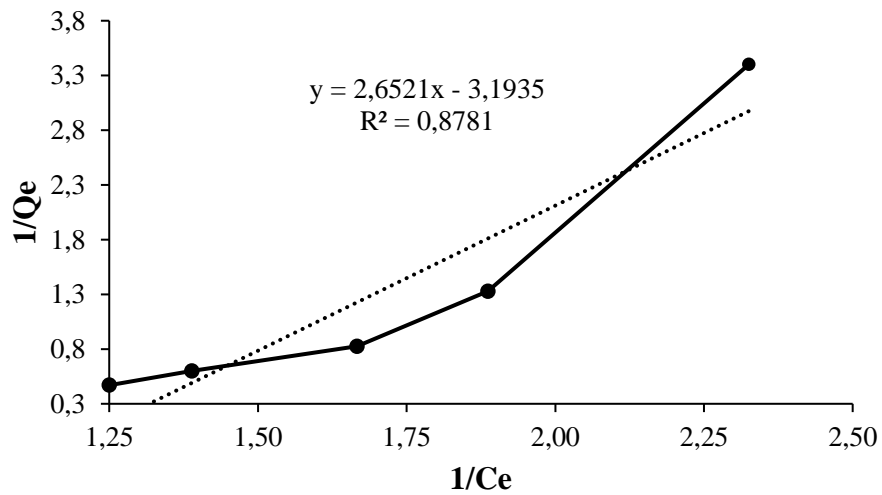
### 3.4 Analisis Isoterm Adsorpsi Co

Analisis isoterm adsorpsi Co dilakukan dengan kondisi optimum yang telah diperoleh dimana, adsorpsi dilakukan dengan massa *fly ash* sebesar 3,25 g dengan konsentrasi awal Co 70 ppm dan waktu adsorpsi selama 240 menit. Analisis isoterm adsorpsi digunakan untuk mengetahui proses adsorpsi yang terjadi apakah terjadi pada satu lapisan (*monolayer*) ataukah berlapis-lapis (*multilayer*) permukaan adsorben. Pendekatan isoterm Langmuir menggunakan asumsi berupa semua situs adsorpsi setara, tidak terjadi interaksi antara molekul teradsorpsi sedangkan isoterm Freundlich berlaku asumsi adsorpsi terjadi pada sistem heterogen.

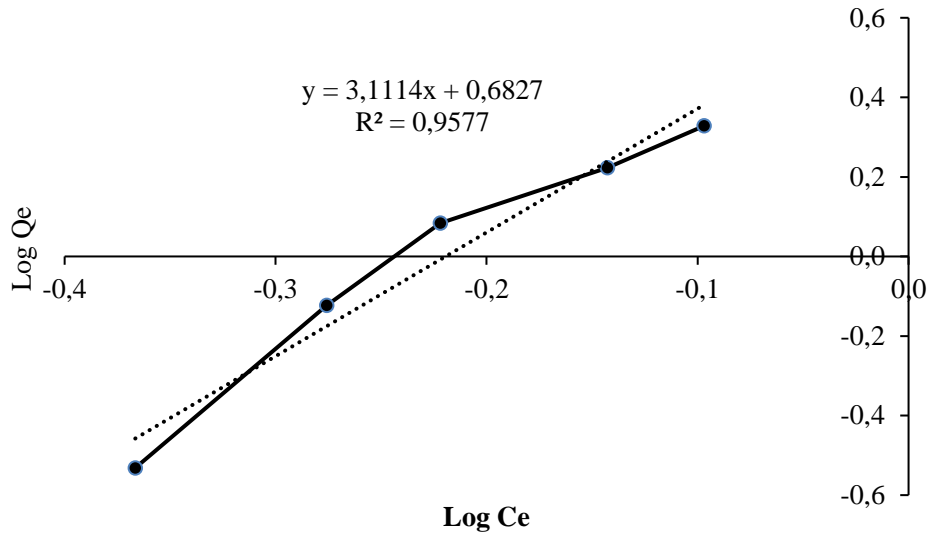
Tabel 4. Isoterm Adsorpsi Co

No	Konsentrasi Co (ppm)			Qe	1/Ce	1/Qe	Log Ce	Log/Qe
	Mula-mula	Setelah adsorpsi	Teradsorp					
1.	10	0,43	9,57	0,294	2,326	3,396	-0,367	-0,531
2.	25	0,53	24,47	0,753	1,887	1,328	-0,276	-0,123
3.	40	0,60	39,40	1,212	1,667	0,825	-0,222	0,084
4.	55	0,72	54,28	1,670	1,389	0,599	-0,143	0,223
5.	70	0,80	69,20	2,129	1,250	0,470	-0,097	0,328

Data pada Tabel 4 digunakan untuk analisis Isoterm adsorpsi Co, data tersebut kemudian dibuat grafik hubungan 1/Qe vs 1/Ce untuk isoterm Langmuir dan log Ce vs log Qe untuk penentuan isoterm Freundlich.



Gambar 1. Isoterm Langmuir



Gambar 2. Isoterm Freundlich

Plot grafik isoterm Langmuir dan Freundlich terdapat pada Gambar 1 dan 2. Model isoterm adsorpsi tergantung dari nilai koefisien determination ( $R^2$ ), grafik dengan nilai  $R^2$  tinggi maka proses adsorpsi Co sesuai dengan model adsorpsi tersebut. Grafik model adsorpsi Langmuir memiliki nilai  $R^2$  sebesar 0,8781 sedangkan model adsorpsi Freundlich menghasilkan nilai  $R^2$  0,9577. Dari grafik dan nilai konstanta di atas, dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi Co dengan *fly ash* sesuai dengan model adsorpsi Freundlich. Hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa proses adsorpsi Co terjadi pada gugus-gugus aktif permukaan *fly ash* yang bersifat heterogen.

#### 4. Simpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Penghilangan logam Co menggunakan *fly ash* diperoleh kondisi optimum massa adsorben sebesar 3,25 g, konsentrasi Co mula-mula 10 ppm, dan waktu kontak selama 240 menit. Kondisi tersebut menghasilkan nilai persen efisiensi



sebesar 97,96%. Proses adsorpsi Co oleh *fly ash* memenuhi persamaan isoterm adsorpsi Freundlich.

#### 4.2 Saran

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi peneliti selanjutnya dalam penelitian pemanfaatan *fly ash* sebagai adsorben. kajian lebih mendalam mengenai proses adsorpsi Co oleh *fly ash* perlu dilakukan terutama pada penatuan massa, waktu, dan pH optimum.

#### 5. Daftar Pustaka

- Aigbe, U. O., Ukhurebor, K. E., Onyanca, R. O., Osibote, O. A., Darmokokoesoemo, H., and Kusuma, H. S., 2021, Fly ash Based Adsorbent for Adsorption of Heavy Metals and Dyes from Aqueous Solution: A Review, *J. Mat. Res. Tech.*, 14, 2751 – 2774.
- Beulah, S. S., 2017, A Review on Removal of Cobalt from Wastewater, *J. Emerg. Technol. Innov. Res.*, 4 (9), 889 – 892.
- Castillo, X., Pizarro J., Ortiz C., Cid, H., Flores, M., and Canck, E. D., 2018, A Cheap Mesoporous Silica from Fly Ash as an Outstanding Adsorbent for Sulfate in Water, *Micropor. Mesopor. Mat.*, 184 – 192.
- Gollakota, A. R. K., Volli, V., Shu C. M., 2019, Progressive utilisation prospects of coal fly ash: A review. *Sci. Total. Environ.*, 672, 951 – 989.
- Maliki, S., Rosnelly C. M., Adisalamun, A., Husin, H., and BilqiS, N., 2019, Removal of Fe (II) in Groundwater using Rice husk- Source biosorbent in Continuous Column Adsorption, *J. Phys.*, 1402, 1 – 5.
- Musapatica, E. T., Onyango, M. S., and Aoy, O., 2010, Cobalt (II) Removal from Synthetic Wastewater by Adsorption on South African Coal Fly ash, *S. Afr. J. Sci.*, 106 (9).
- Qasem, N.A., Mohammed, R.H., and Lawal, D.U., 2021, Removal of Heavy Metal Ions from Wastewater: a Comprehensive and Critical Review, *npj*, 36, 1 – 15.

- Quiton, K. G. N., Huang Y. H., and Lu, M.C., 2022, Recovery of Cobalt and Copper from Single and Co-contaminated Simulated Electroplating Wastewater via Carbonate and Hydroxide Precipitation, *Sustain. Environ. Res.*, 32 (31), 1 – 22.
- Sharma, A. k., Priya, Kaith, B. S., Singh A., Isha, Vipula, and Chandel, K., 2020, Enzymatic Construction of Quinine Derivatives of Dextrine/ PVA Based Hybrid Gel Film for Simultaneous Detection and Removal Copper lead ions in Real Water Sample, *J. Chem. Eng.*, 1 – 12.