

Optimasi pH dan Konsentrasi Kopresipitan pada Proses Kopresipitasi Ion Cd^{2+} Menggunakan $\text{Al}(\text{OH})_3$

Febri Andini Putri, Edi Nasra*

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat, Padang - Sumatera Barat - Indonesia

*edinasra@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Heavy metal in water content may cause serious harm to health and environment. Cd^{2+} as the one of trace elements contained in water poses certain challenges to be measured and handled properly. Coprecipitation of Cd^{2+} with $\text{Al}(\text{OH})_3$ as coprecipitant is characterized by Atomic Absorption Spectrophotometry according to Beer's Law. Optimum condition of this process is obtained by varying pH of the solution and coprecipitant concentration. The result indicate pH of 9 and Al^{3+} concentration of 0,2 M as the optimum conditions, with Cd^{2+} absorbed to 0,749 ppm.

Keywords — trace metal, Cd^{2+} , coprecipitation, $\text{Al}(\text{OH})_3$, AAS

I. PENDAHULUAN

Limbah dari proses industri dapat menyebabkan pencemaran pada air^[1]. Salah satu limbah tersebut adalah logam berat^[2]. Logam berat ini bersifat toksik, mudah diabsorpsi dan tidak dapat terurai (*non degradable*)^[3].



Gambar 1. Logam Kadmium



Gambar 2. Serbuk Kadmium

Salah satu logam pencemar akibat proses industri adalah logam kadmium. Kadmium merupakan logam berat berwarna putih perak, yang berwujud lunak dan mengkilap. Logam kadmium ini juga bersifat tidak mudah larut dalam basa^[4]. Logam kadmium dapat dihasilkan dari limbah tekstil, cat, baterai, dan plastik^[5]. Dalam kurun waktu yang lama, apabila terkonsumsi logam kadmium dapat membahayakan kesehatan seperti dapat menyebabkan kerusakan pada hati, tulang, jantung, dan sistem peredaran darah^[5]. Menurut KEPMENLH No. 51 tahun 2004, batas baku mutu keberadaan kadmium di perairan yaitu sebesar 0,002 mg/L^[6].

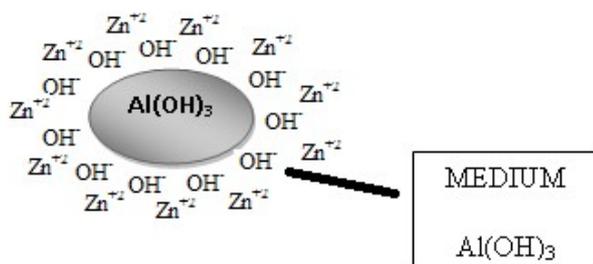
Analisis logam umumnya dilakukan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Akan tetapi, metode ini memiliki kelemahan diantaranya kurang akurat untuk mendeteksi suatu logam dalam jumlah yang relatif kecil (*trace metal*). Menanggapi hal tersebut, perlu dilakukan prakonsentrasi terlebih dahulu untuk menurunkan limit deteksinya^[7].

Banyak metode prakonsentrasi yang dapat menentukan ion logam renik dalam air, diantaranya kopresipitasi. Metode kopresipitasi merupakan metode paling efektif karena menerapkan penggunaan pasangan asam dan basa. Asam bertindak menjadi pelarut sedangkan basa bertindak menjadi pembawa zat terlarut ke dasar dan membentuk endapan yang diinginkan^[8]. Proses kopresipitasi ini melibatkan pH, suhu, dan kecepatan pengadukan dalam pembentukan produk^[9].

Metode kopresipitasi ini bersifat runut, yaitu dapat mendeteksi dalam skala yang sangat kecil. Pada metode ini analit mengendap secara bersamaan dengan kopresipitan membentuk endapan atau koloid. Koloid yang dihasilkan tersebut kemudian dipisahkan melalui penyaringan atau pemusingan (*centrifuge*)^[7]. Contoh beberapa zat yang umum digunakan sebagai kopresipitan diantaranya hidroksida, sulfat, karbonat, dan oksalat^[7].

Gambar 3. Koloid Al(OH)₃

Al(OH)₃ merupakan koloid yang diperoleh dalam penelitian ini. Koloid tersebut dapat dilihat pada gambar 3. Al(OH)₃ merupakan koloid yang bermuatan positif, ia dapat menyerap ion negatif dari medium sehingga koloid tersebut menjadi kelebihan ion negatif yang akan mengikat kation logam pada permukaan koloid secara fisika. Ion-ion OH⁻ berasal dari medium yang diserap Al(OH)₃ sehingga koloid Al(OH)₃ menjadi bermuatan negatif dan dapat mengikat anion dari larutan^[7].

Gambar 4. Skema Partikel Koloid Al(OH)₃^[7]

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah gelas piala 100 mL, gelas ukur 50 mL dan 10 mL, pipet ukur 1 mL dan 10 mL, suntikan 1 cc, *pump pipet*, pipet tetes, labu ukur 500 mL, 100 mL, dan 10 mL, tabung reaksi, rak tabung reaksi, corong, batang pengaduk, kertas saring Whatman No. 41, spatula, wadah penyimpanan larutan, neraca analitik merek *Ohaus*, pH meter, dan Spektrofotometri Serapan Atom (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) merek *Shimadzu corp* dengan lampu katoda merek *Hamamatsu photonics*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Cd(NO₃)₂·4H₂O, NaOH, AlCl₃·6H₂O, HNO₃ pekat, dan aquades.

B. Prosedur Kerja

1. Metode Pengukuran

Penentuan pH optimum dan konsentrasi Al³⁺ optimum terhadap kopresipitasi ion Cd²⁺ yang dilakukan dengan AAS pada panjang gelombang sebesar 228,8 nm.

2. Optimasi pH dan Konsentrasi Kopresipitasi Cd²⁺

a. Penentuan pH Optimum

Sebanyak 50 mL larutan Cd²⁺ 1 ppm dan 12 mL larutan Al³⁺ 0,2 M dimasukkan ke dalam 6 buah gelas piala 100 mL. pH awal diukur menggunakan pH meter, kemudian pH di atur menggunakan larutan NaOH 2 M dengan variasi pH 6, 7, 8, 9, 10, dan 11 dan didiamkan selama 24 jam. Endapan dan filtratnya kemudian dipisahkan menggunakan kertas saring. Endapan yang terbentuk dilarutkan dengan 5 mL HNO₃ pekat dan dicukupkan dengan aquades hingga tanda batas di labu ukur 25 mL. Larutan tersebut diukur absorbansinya menggunakan AAS pada panjang gelombang sebesar 228,8 nm sehingga diperoleh pH optimum.

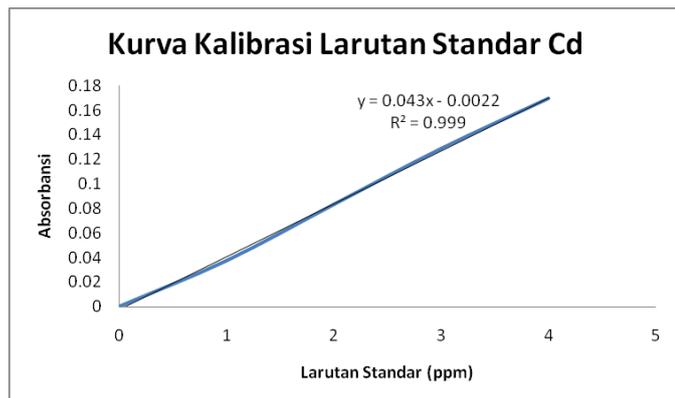
b. Penentuan Konsentrasi Al³⁺ Optimum

Sebanyak 50 mL larutan Cd²⁺ 1 ppm dan 12 mL larutan Al³⁺ dimasukkan ke dalam 6 buah gelas piala 100 mL dengan variasi konsentrasi larutan Al³⁺ yaitu 0,1 M 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M, 0,5 M, dan 0,6 M. pH awal diukur menggunakan pH meter kemudian pH diatur menggunakan larutan NaOH 2 M sampai pH optimum yang diperoleh dan didiamkan selama 24 jam. Endapan dan filtratnya kemudian dipisahkan menggunakan kertas saring. Endapan yang terbentuk dilarutkan dengan 5 mL HNO₃ pekat dan dicukupkan dengan aquades hingga tanda batas di labu ukur 25 mL. Larutan tersebut diukur absorbansinya menggunakan AAS pada panjang gelombang sebesar 228,8 nm sehingga diperoleh konsentrasi Al³⁺ optimum.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kalibrasi Larutan Standar Cd²⁺

Penentuan konsentrasi kadmium pada sampel diawali dengan melakukan pengukuran absorbansi larutan standar kadmium (Cd²⁺) menggunakan spektrofotometri serapan atom untuk memperoleh kurva standar. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan AAS diperoleh absorbansi larutan standar kadmium (Cd²⁺) dengan rentang konsentrasi 0 ppm sampai 4 ppm. Kurva kalibrasi larutan standar kadmium (Cd²⁺) dapat dilihat pada gambar 5.

Gambar 5. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cd²⁺

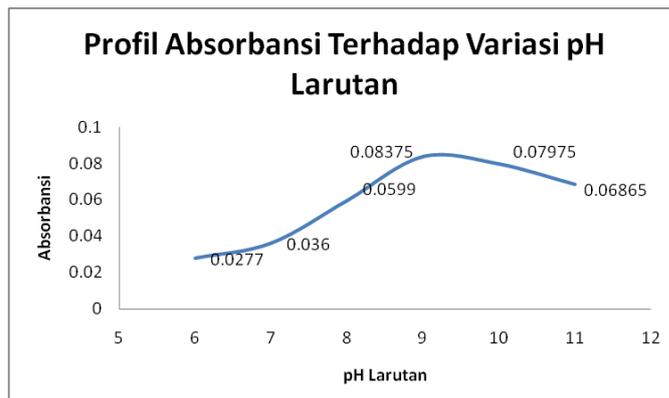
Gambar di atas menunjukkan garis linear pada kurva kalibrasi larutan standar kadmium (Cd²⁺) dengan rentang konsentrasi 0 ppm sampai 4 ppm. Persamaan regresi linear yang didapatkan sebesar $y = 0,043x - 0,0022$ dan nilai koefisien regresi sebesar $r^2 = 0,999$, yang menunjukkan bahwa kurva tersebut mempunyai keakuratan yang baik dalam menentukan konsentrasi kadmium (Cd²⁺)^[10]. Setelah diperoleh kurva kalibrasi larutan standar, selanjutnya dilakukan pengukuran pada sampel menggunakan AAS.

B. Penentuan pH Optimum

Sebelum melakukan pengukuran sampel menggunakan AAS, dilakukan berbagai variasi guna mengetahui kondisi optimum pada pengukuran ion kadmium (Cd²⁺). Hal ini bertujuan agar konsentrasi kadmium yang diperoleh berada pada kondisi yang terbaik. Berbagai variasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi variasi pH dan variasi konsentrasi Al³⁺.

Diawali dengan melakukan variasi pH untuk mengetahui pH optimum terjadinya proses kopresipitasi ion kadmium oleh aluminium hidroksida. Variasi dilakukan pada pH 5, 6, 7, 8, 9, 10, dan 11. Variasi tidak dilakukan pada pH 1, 2, 3, dan 4 karena pada saat uji pendahuluan yang telah dilakukan koloid yang diharapkan tidak terbentuk atau sangat sedikit sekali, sedangkan pada pH 12, 13, dan 14 dianggap terlalu basa sehingga tidak memungkinkan terbentuknya koloid yang diharapkan melainkan melarut kembali.

Berdasarkan hasil pengukuran pada sampel menggunakan AAS, diperoleh data absorbansi sekaligus konsentrasi kadmium pada sampel dengan variasi pH 6 sampai 11. Kondisi pH optimum dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Absorbansi Terhadap Variasi pH Larutan

Gambar di atas menunjukkan hasil bahwa pH optimum terjadi pada pH 9. Dapat dilihat pada pH 6 sampai 9 terjadi kenaikan absorbansi yang signifikan, sementara setelah melewati pH 9 terjadi penurunan absorbansi, namun penurunan tersebut tidak terlalu signifikan. Didukung dengan data konsentrasi kadmium pada pH 9 diperoleh sebesar 1,9477 ppm. Konsentrasi tersebut merupakan konsentrasi dari hasil proses pemekatan atau kopresipitasi. Untuk mengetahui konsentrasi sebenarnya harus dibagi dengan faktor pemekatannya yakni sebesar 2,6, maka dapat diketahui konsentrasi kadmium sebenarnya yang terserap adalah sebesar 0,749 ppm.

Meskipun Al(OH)₃ berada di pH yang cukup basa, tingginya konsentrasi OH⁻ dalam larutan dapat membentuk endapan hidroksida logam yang sulit untuk larut di dalam air. Saat pH basa, logam kadmium cenderung mengendap sebagai logam hidroksida yaitu Cd(OH)₂. Hal ini sesuai dengan kelarutan dari harga Ksp Cd(OH)₂ yaitu sebesar $4,5 \times 10^{-15}$ ^[11].

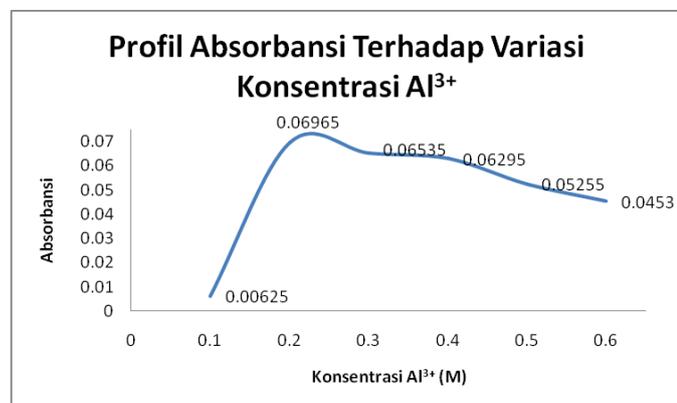
Penelitian lain juga menyatakan bahwa ion Cd²⁺ teradsorpsi secara sempurna pada pH 9^[12] dan juga didukung oleh hasil penelitian^[13] yang mengatakan bahwa pada pH ≥ 8 ion Cd²⁺ mampu teradsorpsi maksimal di dalam adsorben. Pengaruh dari kondisi basa ini menjadi penyebab spesi hidroksida Cd(OH)₂ mudah mengendap di dalam adsorben^[14].

Pada pH 10 dan 11 terlihat hanya terjadi sedikit penurunan penyerapan ion kadmium. Didukung dengan data konsentrasi kadmium yang diperoleh pada pH 10 sebesar 1,85465 ppm dan setelah dibagi dengan faktor pemekatan diketahui konsentrasi sebenarnya sebesar 0,713 ppm. Pada pH 11 diperoleh konsentrasi kadmium sebesar 1,5965 ppm dan setelah dibagi dengan faktor pemekatan diketahui konsentrasi sebenarnya sebesar 0,614 ppm. Hal ini disebabkan karena pada pH di atas 10 terjadi pelarutan Al(OH)₃ menjadi agen khelat berupa ion aluminat [Al(OH)₄]⁻ (tetrahidroksi aluminat)^[15].

C. Penentuan Konsentrasi Al³⁺ Optimum

Setelah diperoleh pH optimum larutan, selanjutnya dilakukan variasi konsentrasi Al³⁺ untuk mengetahui konsentrasi Al³⁺ optimum terjadinya proses kopresipitasi ion kadmium oleh aluminium hidroksida. Variasi dilakukan pada konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; dan 0,6 M.

Berdasarkan hasil pengukuran pada sampel menggunakan AAS, diperoleh data absorbansi sekaligus konsentrasi kadmium pada sampel dengan variasi konsentrasi 0,1 M sampai 0,6 M. Kondisi konsentrasi Al^{3+} optimum dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Grafik Absorbansi Terhadap Variasi Konsentrasi Al^{3+}

Gambar di atas menunjukkan hasil bahwa konsentrasi Al^{3+} optimum terjadi pada konsentrasi 0,2 M. Dapat dilihat pada konsentrasi 0,1 M menuju 0,2 M terjadi kenaikan absorbansi yang sangat signifikan dan setelah melewati konsentrasi 0,2 M terjadi penurunan absorbansi, namun penurunan tersebut melandai. Didukung dengan data konsentrasi kadmium pada konsentrasi Al^{3+} 0,2 M diperoleh sebesar 1,6709 ppm. Konsentrasi tersebut merupakan konsentrasi dari hasil proses pemekatan atau kopresipitasi. Untuk mengetahui konsentrasi sebenarnya maka dibagi dengan faktor pemekatannya yakni sebesar 2,6, maka dapat diketahui konsentrasi kadmium sebenarnya yang terserap adalah sebesar 0,643 ppm.

Seiring dengan eksperimen yang telah dilakukan^[7], saat kondisi konsentrasi 0,2 M koloid terbentuk dengan maksimal sehingga kelebihan dari ion OH^- mampu mengadsorpsi kation logam dengan baik. Jika konsentrasi tersebut ditingkatkan, maka akan terjadi kelebihan Al^{3+} yang bereaksi dengan NaOH sehingganya proses kopresipitasi atau penyerapan ion logam tidak terjadi seperti yang diharapkan.

Pada konsentrasi 0,3 M sampai 0,6 M terlihat terjadi penurunan penyerapan ion kadmium yang sangat landai. Hal ini didukung dengan data konsentrasi kadmium yang diperoleh pada konsentrasi Al^{3+} 0,3 M, 0,4 M, 0,5 M, dan 0,6 M berturut-turut sebesar 1,57095 ppm, 1,5151 ppm, 1,27325 ppm, dan 1,10465, kemudian setelah dibagi dengan faktor pemekatan diketahui konsentrasi sebenarnya sebesar 0,604 ppm, 0,583 ppm, 0,489 ppm dan 0,424 ppm.

Hasil tersebut sejalan dengan yang dilakukan^[16], jika Al^{3+} yang terkandung dalam larutan lebih banyak, maka dapat menyebabkan terjadinya persaingan antara kation Al^{3+} berlebih dengan kation logam yang akan diadsorpsi oleh permukaan koloid $\text{Al}(\text{OH})_3$. Kondisi tersebut terjadi karena Al^{3+} lebih elektropositif daripada Cd^{2+} yang menyebabkan Al^{3+} lebih banyak teradsorpsi oleh koloid $\text{Al}(\text{OH})_3$. Akibatnya saat dilakukan pengelusan dengan nitrat pekat tidak hanya Cd^{2+} yang terkandung dalam filtrat, namun juga mengandung

Al^{3+} . Hal ini berpengaruh pada saat pengukuran menggunakan AAS yang dapat menurunkan hasil konsentrasi Cd^{2+} .

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijabarkan di atas, maka dapat ditarik kesimpulan beberapa hal sebagai berikut.

1. Kondisi optimum dari proses kopresipitasi ion Cd^{2+} menggunakan $\text{Al}(\text{OH})_3$ terjadi pada pH 9.
2. Kondisi optimum dari proses kopresipitasi ion Cd^{2+} menggunakan $\text{Al}(\text{OH})_3$ terjadi pada penambahan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan konsentrasi sebesar 0,2 M.

REFERENSI

- [1] Kurniasari, L. (2010) 'Pemanfaatan Mikroorganisme Dan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat', *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 6(2), p. 113746.
- [2] Nasional, S. and Science, B. (no date) 'P R O S E D I N G'.
- [3] Setiawan, H. (2015) 'Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Pesisir Sulawesi Selatan', *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1), pp. 12–24. doi: 10.22146/jik.6134.
- [4] Rahmawati, A. (2011) 'Pengaruh Derajat Keasaman Terhadap Adsorpsi Logam Kadmium(Ii) Dan Timbal(Ii) Pada Asam Humat', *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, 12(1), pp. 1–14.
- [5] Indirawati, S. (2017) 'Pencemaran Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan', *Jurnal Jumantik*, 2(2), pp. 54–60. Available at: <http://dx.doi.org/10.30829/jumantik.v2i2.1165>.
- [6] Selvita, M. et al. (2013) 'Efektifitas $\text{Al}(\text{OH})_3$ Sebagai Copresipitant Pada Penentuan Logam Kadmium Dalam Air Sungai Batang Arau Menggunakan Spektrometer Serapan Atom', 2(1), pp. 34–37.
- [7] Wizul, Y., Dewata, I. and Nasra, E. (2013) 'Studi Kopresipitasi Zn^{2+} Menggunakan $\text{Al}(\text{OH})_3$ sebagai Kopresipitan', 2(2), pp. 6–10.
- [8] Mairoza, A. and Astuti, A. (2016) 'Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif', *Jurnal Fisika Unand*, 5(3), pp. 283–286. doi: 10.25077/jfu.5.3.283-286.2016.
- [9] Ningsih, S. K. W. (2016) *Sintesis Anorganik, Sintesis Anorganik*.
- [10] Khaira, K. (2014) 'Analisis Kadar Tembaga (Cu) Dan Seng (Zn) Dalam Air Minum Isi Ulang Kemasan Galon Di Kecamatan Lima Kaum Kabupaten Tanah Datar', *Sainstek : Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(2), pp. 116–123. Available at: <http://ecampus.iainbatusangkar.ac.id/ojs/index.php/sainstek/article/view/111>.
- [11] Yunita, Radna N., Dwi R., M., & Dewi U. (2011). 'Kajian pH Dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi $\text{Cd}(\text{II})$ Dan $\text{Zn}(\text{II})$ Pada Humin'. Kalimantan Selatan : Fakultas MIPA Unlam, 5(2), 151-157.
- [12] Sato, H. and Ueda, J. (2000) 'Electrothermal atomic absorption spectrometric determination of cadmium after coprecipitation with nickel diethyldithiocarbamate', *Analytical Sciences*, 16(3), pp. 299–301. doi: 10.2116/analsci.16.299.
- [13] González, P. G. and Pliego-Cuervo, Y. B. (2014) 'Adsorption of $\text{Cd}(\text{II})$, $\text{Hg}(\text{II})$ and $\text{Zn}(\text{II})$ from aqueous solution using mesoporous activated carbon produced from *Bambusa vulgaris striata*', *Chemical Engineering Research and Design*, 92(11), pp. 2715–2724. doi: 10.1016/j.cherd.2014.02.013.
- [14] Wijaya, V. C. and Ulfin, I. (2015) 'Pengaruh pH pada Adsorpsi Ion Cd^{2+}

+ dalam Larutan', *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2), pp. 4–7. Available at: ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/download/12802/2402.

[15] Thubkhun, N. and Tangtreamjitmun, N. (2018) 'Determination of nickel by flame atomic absorption spectrometry after preconcentration by coprecipitation with aluminum hydroxide', *Analytical Sciences*, 34(7), pp. 849–851. doi: 10.2116/analsci.17P582.

[16] Yulia, M., Dewata, I. and Nasra, E. (2013) 'Studi Kopersipitasi Co (II) menggunakan Kopersipitan Al(OH)₃ secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)', *Chemistry Journal of State University of Padang*, 2(2), pp. 91–95.