

## REVIEW ARTIKEL: PENYISIHAN LOGAM BERAT DARI LIMBAH CAIR LABORATORIUM KIMIA

**Marisa Dwi Ariani, Driyanti Rahayu**  
Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran  
\*E-mail: marisada95.mda@gmail.com

### Abstrak

Limbah cair laboratorium dihasilkan dari berbagai kegiatan yang dilakukan di laboratorium dan mengandung banyak senyawa berbahaya, salah satunya ialah logam berat. Logam Fe, Cr, Hg, dan Ag merupakan beberapa logam berat yang sering ditemukan dalam limbah cair laboratorium. Dalam prakteknya, pembuangan limbah cair laboratorium belum diolah dengan baik, sehingga masih mengandung logam berat terlarut di dalamnya. Artikel ini membandingkan beberapa metode dalam penyisihan logam berat pada limbah cair laboratorium kimia di beberapa wilayah Indonesia. Data-data pada artikel ini didapatkan dari beberapa studi yang telah dilakukan, kemudian dibandingkan satu sama lainnya. Metode yang dibandingkan adalah adsorpsi, presipitasi, koagulasi, dan kombinasi kedua metode. Dari studi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode kombinasi presipitasi dan adsorpsi memberikan persentase penurunan tertinggi dalam penyisihan logam pada limbah cair laboratorium dengan presentasi penurunan konsentrasi logam berat sebesar 98,09-99,99%.

**Kata kunci :** adsorpsi, presipitasi, dan koagulasi.

### Abstract

*Liquid waste laboratory is the result of various laboratory activities that involve dangerous chemicals such as heavy metals. Fe, Cr, Hg, and Ag are some of the heavy metals found in the liquid waste laboratory. Liquid waste laboratory elimination, in fact, has not been managed well thus heavy metals were still found in it. This article gives comparison between some methods of heavy metals elimination from liquid waste laboratory in Indonesia. The data in this article was obtained from several studies that have been done, and then compared with each other. The methods are adsorption, precipitation, coagulation, and the combination of them. The study concludes that the combination between precipitation and precipitation most likely becomes the best option in order to eliminate heavy metals from the laboratory waste liquid with percentage of heavy metals concentration reduction of 98,09-99,99%.*

**Keywords :** adsorption, precipitation, and coagulation.

### Pendahuluan

Laboratorium adalah tempat yang dirancang untuk melaksanakan berbagai aktivitas yang terkait dengan pendidikan, penelitian, serta pengabdian kepada masyarakat. Kegiatan yang dilakukan di laboratorium sangat erat dengan penggunaan bahan kimia yang bersifat

asam, korosif, dan bahan toksik. Kegiatan di laboratorium juga menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan-bahan berbahaya yang cukup tinggi (Indrawati, dkk., 2014). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999 tentang pengolahan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), air limbah

laboratorium termasuk golongan limbah B3. Limbah laboratorium mengandung senyawa berbahaya, salah satunya yaitu logam berat. Logam berat yang sering ditemukan dalam limbah laboratorium antara lain Krom (Cr), Besi (Fe), Cadmium (Cd), Tembaga (Cu), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Seng (Zn), Timbal (Pb), dan Nikel (Ni) (Wilyanda & Chairul, 2015).

Dalam prakteknya di Indonesia limbah cair laboratorium hingga saat ini belum dikelola sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Pembuangan langsung ke saluran drainase tanpa pengolahan yang memadai sangat berpotensi untuk mencemari lingkungan, mengingat kegiatan yang dilakukan pada laboratorium berlangsung secara rutin dan dalam kurun waktu yang sangat lama (Suprihatin & Indrasti, 2010). Oleh karena itu, diperlukan cara pengolahan limbah laboratorium yang tepat sebelum limbah tersebut dibuang ke lingkungan agar konsentrasi zat berbahaya yang ada di limbah seperti logam berat dapat diturunkan hingga mencapai batas mutu yang diperbolehkan.

Penyisihan logam berat dari limbah cair laboratorium dapat dilakukan dengan proses fisika, kimia, ataupun kombinasi keduanya. Salah satu metode penyisihan yang sering digunakan adalah presipitasi (Asri, 2010). Selain presipitasi, penyisihan dapat juga dilakukan dengan metode adsorpsi, koagulasi, serta kombinasi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan beberapa metode dalam penyisihan logam berat pada limbah cair laboratorium.

## Metode

Artikel ini membahas tentang beberapa metode untuk penyisihan logam berat dari limbah cair laboratorium terutama logam Krom (Cr), Merkuri (Hg), Perak (Ag), dan Besi (Fe). Data-data yang digunakan pada *review* artikel ini didapatkan dari studi yang telah dilakukan di beberapa wilayah di Indonesia dari tahun 2010 hingga 2015. Dari data-data yang didapatkan, parameter yang diamati pada setiap penelitian adalah persentase penyisihan dari kandungan logam berat pada limbah cair laboratorium. Data-data yang didapatkan akan dibandingkan satu

sama lainnya untuk mengetahui metode manakah yang dapat memberikan persentase penurunan logam berat tertinggi.

### Hasil

Dari beberapa studi literatur yang dikumpulkan, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk penyisihan logam berat dari limbah cair laboratorium, seperti metode adsorpsi, presipitasi, dan koagulasi. Penyisihan logam berat dapat menggunakan berbagai macam zat tambahan seperti adsorben, presipitan, dan koagulan. Efektifitas penyisihan logam berat dari limbah cair laboratorium dengan berbagai

metode dan penggunaan zat tambahan (presipitan, adsorben, dan koagulan) ditunjukkan oleh Tabel 1.

Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa penurunan konsentrasi logam Cr lebih besar dibandingkan logam Fe. Hal tersebut dapat dilihat dari penyisihan logam menggunakan metode kombinasi presipitasi dan koagulasi. Selain itu penggunaan metode kombinasi dapat menurunkan konsentrasi kedua logam (Fe dan Cr) dalam limbah cair laboratorium lebih baik daripada dengan metode tunggal.

**Tabel 1.** Persentase Penurunan Konsentrasi Logam Berat pada Limbah Cair Laboratorium dengan Berbagai Metode

| No | Metode                             | Jenis Sampel             | Konsentrasi Awal | Zat Tambahan                | Jenis Logam | Penurunan Konsentrasi | Referensi                   |
|----|------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1  | Kombinasi Presipitasi dan Adsorpsi | Limbah Cair              | 77,6-391,6       | NaOH 50% w/v                | Cr          | 97%                   | Suprihatin & Indrasti, 2010 |
|    |                                    | Sisa Analisis Parameter  | mg/L             |                             | Hg          | 97-99%                |                             |
|    |                                    | COD                      | 2,6-9,1 mg/L     |                             | Ag          | 97-99%                |                             |
|    |                                    |                          | 11,3-21,9 mg/L   | Karbon Aktif Teknis 160 mg  | Cr, Hg, Ag  | 98,09 - 99,99%        |                             |
| 2  | Presipitasi dengan dan koagulasi   | Limbah Cair Laboratorium | 40,5376 mg/L     | - NaOH 26,36 w/w            | Cr          | 99,93%                | Wilyanda & Chairul, 2015    |
|    |                                    | Sisa Analisa COD dan BOD | 22,4544 mg/L     | - Na-sulfida (hingga sampel | Fe          | 62,02%                |                             |

|   |             |                                                                                                                               |             |                                                                          |         |         |                                |
|---|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------|---------|---------|--------------------------------|
|   |             |                                                                                                                               |             | berwarna<br>kehijauan)<br>- $\text{CaCO}_3$<br>hingga pH 9<br>- PAC 1 gr |         |         |                                |
| 3 | Koagulasi   | Limbah Cair<br>Laboratorium<br>Kesehatan<br>UDINUS<br>(Biokimia,<br>Teknik<br>Pengolahan<br>Limbah, dan<br>Kimia<br>Industri) | 20,91 mg/L  | PAC 225<br>mg/L                                                          | Fe      | 14,2 %  | Hartini &<br>Yuantari,<br>2011 |
| 4 | Presipitasi | Limbah Cair<br>Laboratorium<br>TekKim                                                                                         | 0,4130 mg/L | Serbuk Besi<br>2 gr                                                      | Cr (VI) | 89,00 % | Indrawati,<br>dkk., 2014       |

## Pembahasan

Pada penelitian Suprihatin dan Indrasti (2010) dilakukan penyisihan tiga logam berat, yaitu logam Cr, Hg, dan Ag dengan menggunakan metode presipitasi dan adsorpsi. Limbah cair laboratorium yang digunakan yaitu limbah cair sisa analisis parameter COD yang bersifat asam dan mengandung logam Cr, Hg, dan Ag dengan konsentrasi tinggi. Digunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan variasi pH sebagai presipitan yang dapat mengikat logam berat pada limbah dan

membentuk suatu sedimen/endapan. Ion hidroksida akan berikatan dengan logam berat dan membentuk suatu massa yang mengendap. Selain ion hidroksida, nilai pH juga memberikan pengaruh terhadap kelarutan logam Cr, Hg, dan Ag pada limbah cair. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa kelarutan logam Cr menurun seiring dengan adanya kenaikan pH, dan kembali mengalami peningkatan ketika pH larutan lebih dari 10. Hal yang sama terjadi pada logam Hg dan Ag, namun batas maksimum pH larutan yang

menurunkan kelarutan adalah pH 12. Pada penelitian Asri (2010) dapat dilihat pula pengaruh kenaikan pH terhadap penurunan konsentrasi logam berat dalam limbah cair industri emas. Pengaruh kenaikan pH juga dapat diamati pada penelitian Putra, dkk (2014) yang melakukan penyisihan logam berat dari limbah batik dengan menggunakan adsorben nanoprtikel magnetik dengan variasi pH (10,11,12), didapatkan hasil penurunan logam tertinggi pada pH 12. Proses presipitasi ini dapat menurunkan kadar logam berat pada limbah cair laboratorium >90%. Namun, kadar tersebut masih belum masuk ke dalam kisaran baku mutu yang diperbolehkan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 Tahun 2001. Kadar logam Cr yang diperbolehkan ialah sebesar 0,05 mg/L. Untuk mengatasi hal itu, dilakukan kombinasi metode presipitasi dan adsorpsi. Selain dengan mengkombinasi metode presipitasi dan adsorpsi dapat pula dilakukan kombinasi metode presipitasi dan koagulasi seperti yang telah dilakukan Wilyanda & Chairul (2015). Metode adsorpsi didasarkan dengan interaksi antara

logam dengan gugus fungsional yang terdapat pada permukaan adsorben (Lasindrang, dkk., 2014). Adsorben yang digunakan dalam penelitian Suprihatin & Indrasti (2010) ialah karbon aktif teknis dalam 2 bentuk yaitu granular dan serbuk. Dari hasil penelitian diketahui bahwa pada dosis 40,80, 120, dan 160 mg memiliki kemampuan adsorpsi yang sama, karena luas permukaan kedua bentuk karbon aktif juga tidak jauh berbeda. Pada proses adsorpsi banyaknya jumlah adsorben yang digunakan akan berbanding lurus dengan persentase penurunan konsentrasi logam berat sehingga semakin banyak karbon aktif yang digunakan, maka semakin besar presentase penurunannya. Pengaruh jumlah zat tambahan seperti adsorben atau koagulan terhadap penurunan kadar logam berat pada limbah cair dapat dilihat pula dari penelitian Hartini & Yuantari (2011) yang dalam penelitiannya digunakan variasi massa PAC. Penurunan konsentrasi tertinggi terjadi pada penambahan PAC dengan massa tertinggi (225 mg). Dalam penelitian ini, variasi dosis karbon aktif dengan dosis tertinggi 160 mg untuk 100

mL limbah cair dan dapat menurunkan kadar logam berat hingga 98,09-99,99%.

Selain kombinasi metode presipitasi dan adsorpsi, dapat juga dilakukan kombinasi metode presipitasi dan koagulasi. Pada penelitian Wilyanda & Chairul (2015), digunakan karbonat dan sulfida sebagai agen presipitan dan PAC sebagai agen koagulan. Limbah cair laboratorium yang digunakan yaitu limbah cair sisa analisa COD dan BOD. Limbah cair ini mengandung berbagai logam berat dengan konsentrasi logam berat tertinggi adalah logam Cr (40,57 mg/L) dan logam Fe (22,454 mg/L). Proses presipitasi terjadi dengan terbentuknya kompleks dari ikatan logam-sulfida dan logam-karbonat. Adanya penambahan koagulan akan membantu menarik logam berat pada limbah cair dan membentuk koloid yang terselubungi koagulan dan membentuk molekul yang lebih besar (flok) (Wardani, dkk., 2009). Pada penelitian ini, penurunan konsentrasi logam Fe lebih kecil dibandingkan dengan logam Cr. Hal ini disebabkan karena ion sulfida lebih selektif terhadap logam Cr sehingga sulfida akan cenderung mengikat

lebih kuat logam Cr dibandingkan logam lainnya.

Pada penelitian Hartini dan Yuantari (2011) juga dilakukan penyisihan logam Fe dari limbah cair laboratorium dengan menggunakan metode tunggal koagulasi. Koagulan yang digunakan sama dengan penelitian Wilyanda & Chairul (2015). Namun, penurunan konsentrasi logam Fe lebih kecil yaitu 14,2%. Hal ini disebabkan karena tidak dilakukannya pengaturan dan penjagaan pH larutan, sehingga penurunan konsentrasi logam Fe tidak besar. Nilai pH memiliki pengaruh yang cukup penting dalam penyisihan logam berat karena mempengaruhi kelarutan logam pada limbah dan mempengaruhi kerja PAC, nilai pH efektif PAC sebagai koagulan berkisar diantara 5-10 (Linsley, 1995). Adanya perubahan pH akan mempengaruhi kelarutan logam berat pada limbah cair, sehingga pada proses penyisihan perlu digunakan pH yang optimum untuk masing-masing logam berat (Wardani, dkk, 2009).

Penelitian yang dilakukan Indrawati, dkk. (2014) juga menggunakan metode tunggal untuk penyisihan logam Cr

dari limbah cair laboratorium. Pada penelitian tersebut digunakan metode presipitasi dengan presipitan serbuk besi dari limbah industri elektroplating. Kromium heksavalen pada air limbah plating kromium dapat diendapkan menggunakan serbuk besi (Bramadita, 2009). Penurunan konsentrasi logam Cr dari 100 mL limbah cair yang terbesar (89%) didapatkan pada penambahan serbuk besi yang optimum (2,5 mg) dan suhu optimum (50°C). Kenaikan suhu dapat mempengaruhi reaktifitas kimia yang terjadi pada larutan, seiring dengan meningkatnya suhu maka aktivitas dari reaksi-reaksi kimia akan semakin meningkat (Lasindrang, dkk., 2014). Semakin banyak serbuk besi yang ditambahkan pada limbah maka jumlah kromium yang bereaksi akan semakin meningkat, karena adanya peningkatan sisi aktif reaksi dari serbuk besi<sup>[9]</sup>.

Dari studi yang telah dijabarkan, didapatkan hasil penyisihan logam berat terbaik dengan metode kombinasi presipitasi dan adsorpsi dengan presipitan NaOH dan adsorben karbon aktif teknis.

Tetapi, penurunan konsentrasi Cr dengan menggunakan kombinasi metode presipitasi dan koagulasi dengan presipitan ganda (karbonat dan sulfida) serta PAC sebagai koagulan juga memberikan hasil yang baik, yaitu 99,93%, namun penelitian ini hanya efektif terhadap penurunan konsentrasi logam Cr sedangkan persentase penurunan konsentrasi logam Fe hanya sebesar 62,02%. Dilakukan pula penyisihan logam Fe menggunakan metode koagulasi dengan koagulan PAC namun hasil yang didapatkan jauh lebih kecil yaitu sebesar 14,02%. Kelarutan logam berat pada limbah cair dapat dipengaruhi oleh pH, semakin tinggi pH kelarutan logam akan semakin menurun (Rachmaningrum, 2015). Penelitian Indrawati (2014) juga mempelajari mengenai penurunan konsentrasi logam Cr pada limbah cair laboratorium menggunakan metode presipitasi dengan presipitan serbuk besi. Penurunan konsentrasi logam Cr dengan metode ini tidak lebih besar dibandingkan dengan metode kombinasi presipitasi dan adsorpsi.

Dari penjabaran diatas dapat dilihat bahwa pH menjadi suatu faktor yang penting dalam penyisihan logam berat. Penyisihan logam berat pada pH yang sesuai maka dapat menghasilkan penurunan konsentrasi logam berat yang baik. Selain itu, senyawa yang digunakan juga memiliki pengaruh terhadap penarikan logam berat. Jika dilihat dari beberapa studi yang telah dilakukan, larutan NaOH dapat menjadi agen presipitan yang baik. Selain dapat berikatan dengan banyak logam, sifat basa larutan NaOH juga dapat digunakan untuk menaikkan pH larutan sehingga dapat menurunkan kelarutan logam berat. Selain faktor pH dan reagen yang digunakan, waktu inkubasi dan suhu yang digunakan juga dapat mempengaruhi penyisihan logam berat dari limbah cair laboratorium. Semakin lama waktu inkubasi maka waktu kontak dan waktu yang dimiliki zat tambahan (adsorben, presipitan, dan koagulan) untuk menarik logam berat akan semakin lama sehingga penurunan konsentrasi akan semakin meningkat (Amalina, dkk., 2015). Dari hasil perbandingan beberapa studi yang

digunakan pada artikel ini, metode kombinasi presipitasi dan adsorpsi menjadi metode yang memiliki penurunan persentase penyisihan logam berat tertinggi. Namun, padatan yang terbentuk dari hasil presipitasi dan adsorpsi masih bersifat sangat toksik dan berbahaya sehingga perlu dilakukan *treatment* lanjutan terhadap hasil presipitasi dan adsorpsi tersebut yaitu dengan elutriasi atau pemurnian (Lou & Chang, 2007).

### Simpulan

Metode yang memberikan penyisihan logam berat tertinggi adalah metode kombinasi presipitasi dan adsorpsi dengan menggunakan NaOH 50% sebagai presipitan dan karbon aktif bentuk serbuk sebagai adsorben. Metode tersebut memberikan persentase penurunan kadar logam berat pada limbah cair laboratorium sebesar 98,09-99,99%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Asri, dkk. 2015. Penurunan Kadar Logam Berat Limbah Cair Industri Emas (PT.X) di Surabaya. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 9(2):55-61.
- Amalina, dkk. 2015. Pengaruh pH dan Waktu Proses dalam Penyisihan Logam Berat Cr, Fe, Zn, Cu, Mn, dan Ni dalam Limbah Air Industri Elektroplating dengan Proses Oksidasi

- Biokimia. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 4(3):1-9.
- Bramandita A. *Pengendapan Kromium Heksavalen dengan Serbuk Besi*. Skripsi FMIPA IPB. 2009.
- Hartini E dan Yuantari MGC. 2011. Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulam Alum Sulfat dan Poly Alum Chloride di Laboratorium Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Semarang. *Jurnal Dian*. 11(2):150-159.
- Indrawati, dkk. 2014. Penurunan Kadar Cr (VI) pada Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Serbuk Besi Limbah Industri Elektroplating. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian LPPM UMP*. hal.298-305.
- Junyapoon S dan Weerapong S. 2006. Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Scrap Iron Filings. *KMTIL Sci Tech J*. 6:1-12.
- Lasindrang, dkk. 2014. Adsorpsi Pencemaran Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Oleh Kitosan yang Melapisi Arang Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknosains*. 3(2):132-141.
- Lou JC dan Chang CK. 2007. Completely Treating Heavy Metal Laboratory Waste Liquid by an Improved Ferrite Process. *Separation and Purification Technology*. 57:513-518.
- Putra, dkk. 2014. Studi Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) pada Limbah Batik dengan Sistem Purifikasi Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetik ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY Yogyakarta*. 250-252.
- <sup>1</sup>Rachmaningrum, dkk. 2015. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuh Kolot-Nanjung. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. 3(1):1-11.
- Suprihatin dan Indrasti NS. 2010. Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi. *Makara Sains*. 14(1):44-50.
- Wardani, dkk. 2009. Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5(2):40-45.
- Wilyanda Y dan Chairul. 2015. Pengolahan Limbah Cair Logam Berat (Limbah B3) Secara Presipitasi dan Koagulasi di UPT Pengujian Dinas Pekerjaan Umum. *Jom FTEKNIK*. 2(2).