



## Adsorption of Heavy Metal Chromium (Cr) Using Pineapple Skin Filtrate with the Chelation Method

Al Dina Khoerunisa NM<sup>1\*</sup>, Anisa Afifatul Azizah<sup>2</sup>, Andika Adhi Setianingsih<sup>3</sup>  
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

**Corresponding Author:** Al Dina Khoerunisa NM

[aldinakhoerunisa.fti@unugha.id](mailto:aldinakhoerunisa.fti@unugha.id)

---

### ARTICLE INFO

*Keywords:* Adsorption,  
Chromium, Skin Filtrate  
Pineapple, Spectrophotometry

*Received :* 03 October

*Revised :* 05 November

*Accepted:* 07 December

©2022 Khoerunisa, Azizah,  
Setianingsih : This is an open-access  
article distributed under the terms of  
the [Creative Commons Attribution 4.0  
International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



### ABSTRACT

Many methods of treating heavy metal waste have been carried out, one of which is adsorption. With this method, heavy metal ions can form a coordination complex with carboxyl groups (-COO) from adsorbents made from natural materials. The purpose of this study was to determine the effect of varying concentrations of pineapple peel filtrate as a natural adsorbent and mixing time with chromium metal (Cr) in a simulated waste solution. Simulated chromium (Cr) waste solution with a concentration of 10 ppm was mixed with pineapple peel filtrate at various concentrations of 25%, 50%, 75%, and 100% (w/v) for 30 minutes and 60 minutes and then analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The research results obtained showed that pineapple peel filtrate was effective in reducing chromium (Cr) metal content in the simulated waste solution. The highest percentage of reduction in chromium (Cr) metal content exceeds 100%, namely at a concentration of 100% pineapple skin filtrate during a mixing time of 60 minutes.

---

## Adsorpsi Logam Berat Kromium (Cr) Menggunakan Filtrat Kulit Nanas dengan Metode Kelasi

Al Dina Khoerunisa NM<sup>1\*</sup>, Anisa Afifatul Azizah<sup>2</sup>, dan Andika Adhi Setianingsih<sup>3</sup>

Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

**Corresponding Author:** Al Dina Khoerunisa NM

[aldinakhoerunisa.fti@unugha.id](mailto:aldinakhoerunisa.fti@unugha.id)

---

### ARTICLE INFO

*Kata Kunci:* Adsorpsi, Kromium, Filtrat Kulit Nanas, Spektrofotometri

*Received :* 03 October

*Revised :* 05 November

*Accepted:* 07 December

©2022 Khoerunisa, Azizah, Setianingsih : This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



### ABSTRAK

Berbagai jenis metode pengolahan limbah logam berat sudah banyak dilakukan, salah satunya adalah adsorpsi. Dengan metode ini, ion logam berat dapat membentuk suatu kompleks koordinasi dengan gugus karboksil (-COO) dari adsorben yang terbuat dari bahan alam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi filtrat kulit nanas sebagai adsorben alami dan waktu pencampuran dengan logam kromium (Cr) dalam larutan limbah simulasi. Larutan limbah simulasi kromium (Cr) dengan konsentrasi 10 ppm dicampurkan dengan filtrat kulit nanas pada variasi konsentrasi 25 %, 50%, 75%, dan 100% (b/v) selama 30 menit dan 60 menit kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa filtrat kulit nanas efektif menurunkan kadar logam kromium (Cr) dalam larutan limbah simulasi. Presentase penurunan kadar logam kromium (Cr) tertinggi melebihi 100% yaitu pada konsentrasi filtrat kulit nanas 100% selama waktu pencampuran 60 menit.

---

## PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat di lingkungan menjadi masalah yang cukup serius, salah satu logam berat yang termasuk mencemari lingkungan adalah kromium. Permasalahan yang umumnya terjadi terkait pencemaran limbah logam berat di lingkungan adalah terakumulasinya logam berat ke dalam rantai makanan dan ketersediaannya di alam yang dapat membahayakan lingkungan dan makhluk hidup. Logam kromium (Cr) dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, yaitu strata perairan, tanah, ataupun udara (lapisan atmosfer). Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ionnya. Ion  $Cr^{6+}$  merupakan bentuk logam yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, bila dibandingkan dengan ion-ion  $Cr^{2+}$  dan  $Cr^{3+}$ .

Sifat racun yang dibawa oleh logam ini dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Palar, 1994). Masuknya Cr ke dalam tubuh manusia dapat melalui makanan dan minuman yang akhirnya tertumpuk di liver dan ginjal secara bersamaan dan dalam waktu yang panjang dan mengendap serta dapat menimbulkan kanker (Danarto, 2007). Keberadaan kromium (Cr) di lingkungan perlu diperhatikan karena kecilnya batas konsentrasi yang diijinkan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, kadar maksimum yang diijinkan untuk logam kromium (Cr) adalah 0,5 mg/l, sedangkan berdasarkan keputusan Direktur Jenderal Penelitian Obat dan Makanan Nomor 03725/B/SK/VII/89 kadar maksimal yang diijinkan untuk kandungan logam berat kromium adalah 2,5 mg/kg.

Saat ini telah banyak dilakukan usaha-usaha pengendalian limbah ion logam yang mengarah pada upaya-upaya pencarian metode-metode baru yang murah, efektif, dan efisien (Kundari & Wiyuniyati, 2008). Beberapa metode kimia maupun biologis telah dicoba untuk mengambil logam berat yang terdapat di dalam limbah, diantaranya adsorpsi, pertukaran ion, dan pemisahan dengan membran. Proses adsorpsi lebih banyak dipakai dalam industri karena lebih ekonomis. Kebanyakan adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, karbon aktif, silica gel, dan zeolit. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak ekonomis. Penelitian menggunakan adsorben dari bahan alam sudah banyak dilakukan, karena selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga ekonomis.

Penelitian lain oleh Anggriawan dkk. (Anggriawan, Atwanda, Lubis, & Fathoni, 2019) menggunakan adsorben kulit jagung untuk adsorpsi logam berat tembaga (Cu), dan Adhi dkk. (Adhi, Marzyan, Riza, & Mulana, 2021) memanfaatkan kulit jeruk purut teraktivasi sebagai adsorben untuk penyerapan ion logam Zn (II). Ilyasa dkk (Ilyasa, Susatyo, & Prasetya, 2017) meneliti pengaruh perbedaan konsentrasi dan lamanya perendaman kerang dengan filtrat kulit nanas terhadap pelepasan ion  $Pb^{2+}$  dan  $Cd^{2+}$ . Penelitian serupa oleh Ulfah dkk. (Ulfah, Rachmadiarti, & Raharjo, 2014) menggunakan filtrat kulit nanas sebagai adsorben logam berat timbal pada ikan Keting di Kali Surabaya yang menunjukkan waktu optimum adsorpsi terjadi pada waktu 60 menit.

## TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu bahan alam yang dapat dijadikan adsorben adalah filtrat kulit nanas. Kulit nanas mengandung asam sitrat yang mana asam sitrat ini tergolong dalam asam organik lemah. Asam sitrat mampu membentuk senyawa kompleks dengan logam. Asam sitrat bersifat mengikat logam (*chelating agent*) sehingga dapat mengalahkan sifat dan pengaruh jelek logam yang terdapat dalam bahan makanan (Meidianasari, 2010). Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang penurunan kadar logam berat kromium dengan menggunakan limbah filtrat buah nanas karena mengandung asam sitrat dan mempunyai pH asam.

Terlebih lagi kulit nanas mudah didapat sehingga tidak menyulitkan masyarakat untuk mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menurunkan kadar logam berat kromium dengan menggunakan berbagai konsentrasi filtrat kulit buah nanas dan lama pengadukan limbah dengan filtrat kulit nanas. Untuk melihat pengaruh konsentrasi dan waktu pengadukan, maka digunakan limbah simulasi yang memiliki kadar logam Cr yang tinggi sebagai sampel.

## METODOLOGI

### *Alat dan Bahan*

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan gelas yang lazim digunakan di laboratorium, *magnetic stirrer*, *blender*, timbangan digital, dan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aquades,  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  anhidrat, dan filtrat kulit nanas. Prosedur Kerja Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan, yaitu perbedaan konsentrasi adsorben (25%, 50%, 75%, dan 100%) dan waktu pengadukan (30 menit dan 60 menit). Penelitian yang dilakukan terdiri dari 2 tahapan yaitu pencampuran limbah simulasi kromium dengan filtrat kulit nanas dan analisis kadar logam kromium setelah dilakukan upaya penurunan kadar logam kromium pada limbah simulasi.

Penelitian diawali pembuatan limbah simulasi kromium dengan konsentrasi 10 ppm dan pembuatan filtrat kulit buah nanas dengan konsentrasi (b/v) 25%, 50%, 75%, dan 100% yang dilaksanakan pada bulan Agustus 2022 di Laboratorium Kimia Fisika Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri (FTI) Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap (Unugha). Langkah-langkah membuat larutan limbah simulasi kromium dengan konsentrasi 10 ppm yaitu pembuatan larutan induk  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  anhidrat 100 ppm dan larutan standar  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  anhidrat 10 ppm. Pembuatan larutan induk  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  anhidrat dengan menimbang 0,1144 gram  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  anhidrat kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml dan ditambah aquades sampai tanda batas. Berikutnya membuat larutan standar  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  anhidrat 10 ppm dengan mengencerkan 10 ml larutan induk  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  anhidrat dengan aquades ke dalam labu takar 100 ml hingga tanda batas.

Pembuatan filtrat kulit nanas, yaitu dengan menghaluskan kulit nanas menggunakan *blender*. Selanjutnya kulit nanas diperas untuk mendapatkan

filtrat. Kemudian untuk memperoleh konsentrasi filtrat kulit nanas 100% digunakan filtrat kulit nanas dengan volume 250 ml tanpa penambahan aquades, konsentrasi filtrat kulit nanas 75% digunakan filtrat kulit nanas dengan volume 187,5 ml ditambah dengan aquades sebanyak 62,5 ml, konsentrasi filtrat kulit nanas 50% digunakan filtrat kulit nanas dengan volume 125 ml ditambah dengan aquades sebanyak 125 ml, dan konsentrasi filtrat kulit nanas 25% digunakan filtrat kulit nanas dengan volume 62,5 ml ditambah dengan aquades sebanyak 187,5 ml.

Langkah berikutnya yaitu khelasi logam Cr dengan filtrat kulit nanas dengan mencampurkan masing-masing sebanyak 20 ml sampel limbah simulasi logam kromium (Cr) 10 ppm dengan filtrat kulit nanas 25% selama 30 menit (sampel I) dan 60 menit (sampel II), filtrat kulit nanas 50% selama 30 menit (sampel III) dan 60 menit (sampel IV), filtrat kulit nanas 75 % selama 30 menit (sampel V) dan 60 menit (sampel VI), serta filtrat kulit nanas 100% selama 30 menit (sampel VII) dan 60 menit (sampel VIII). Kemudian masing-masing sampel dianalisis kadar logam kromium (Cr) menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Analisis kromium pada limbah simulasi dilakukan di Laboratorium Instrumen Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta (UNY). Parameter penelitian yang diamati adalah presentase penurunan kadar logam berat kromium pada limbah simulasi setelah khelasi dengan filtrat kulit nanas pada berbagai konsentrasi dan waktu pencampuran.

## HASIL PENELITIAN

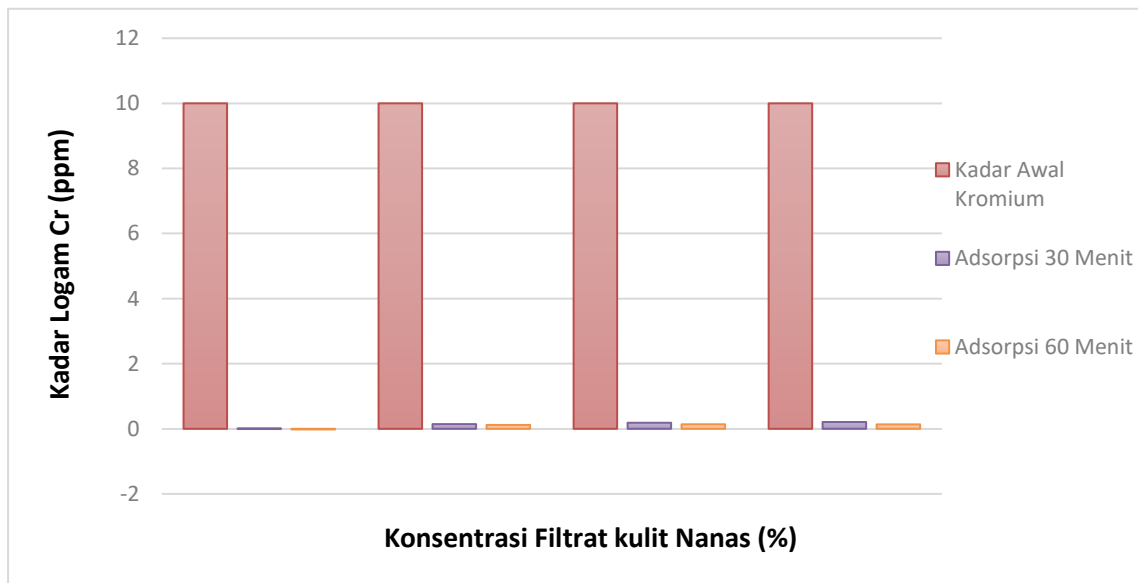
Hasil penelitian dinyatakan dengan data rata-rata penurunan kadar logam Cr pada limbah simulasi pada berbagai konsentrasi dan lama waktu pengadukan. Data yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar Logam Cr setelah Khelasi dengan Variasi Konsentrasi Filtrat Kulit Nanas

Sampel	Filtrat (%)	Waktu pengadukan (menit)	Kadar Kromium awal (ppm)	Rata-Rata Kadar Kromium setelah adsorpsi (ppm)	Presentase Penurunan Kadar Kromium (%)
I	100	30	10	0,009066667	99,90933333
II	100	60	10	-0,020033333	100,20033333
III	75	30	10	0,144433333	98,55566667
IV	75	60	10	0,118666667	98,81333333
V	50	30	10	0,185933333	98,14066667
VI	50	60	10	0,139433333	98,60566667
VII	25	30	10	0,208366667	97,91633333
VIII	25	60	10	0,1361	98,639

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan proses penurunan kadar kromium dari larutan limbah simulasi kromium dengan menggunakan variasi konsentrasi filtrat kulit nanas (b/v) (25%, 50%, 75%, dan 100%) selama waktu pencampuran 30 menit dan 60 menit, diperoleh presentase penurunan terbesar melebihi 100%, yaitu sampel II dengan konsentrasi filtrat 100% selama 60 menit waktu pengadukan. Kadar logam Cr menunjukkan hasil negatif karena tidak ada logam Cr yang terdeteksi saat pengukuran menggunakan SSA. Gambar 1 di bawah menunjukkan proses reduksi kromium cenderung menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi filtrat kulit nanas dan lamanya waktu pencampuran.

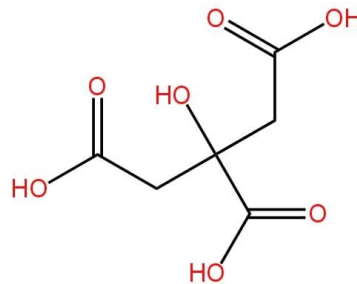


Gambar 1. Kadar Logam Cr setelah Khelasi dengan Variasi Konsentrasi Filtrat Kulit Nanas

Gambar 1 menunjukkan bahwa pencampuran limbah simulasi dengan filtrat kulit nanas dengan konsentrasi 25 %, 50%, 75%, dan 100% (b/v) pada waktu 30 dan 60 menit dapat menurunkan kadar logam Cr dalam limbah simulasi masing-masing berturut-turut 0,009 ppm (sampel I), -0,002 ppm (sampel II), 0,144 ppm (sampel III), 0,119 ppm (sampel IV), 0,186 ppm (sampel V), 0,139 ppm (sampel VI), 0,208 ppm (sampel VII), dan 0,136 ppm (sampel VIII). Hasil ini menunjukkan bahwa peran filtrat kulit nanas sebagai sekuestran (pengkhelat) sangat efektif dengan kadar penurunan logam Cr melebihi 90%. Proses adsorpsi limbah simulasi kromium dengan filtrat kulit nanas bertujuan untuk mengikat sebagian besar kadar kromium dalam limbah simulasi. Penurunan kandungan logam kromium disebabkan larutan asam pada kulit nanas. Kulit nanas mengandung asam sitrat yang mana asam sitrat ini tergolong dalam asam organik lemah.

Asam sitrat mampu membentuk senyawa kompleks dengan logam. Asam sitrat bersifat mengikat logam (*chelating agent*) sehingga dapat mengalahkan sifat dan pengaruh jelek logam yang terdapat dalam bahan

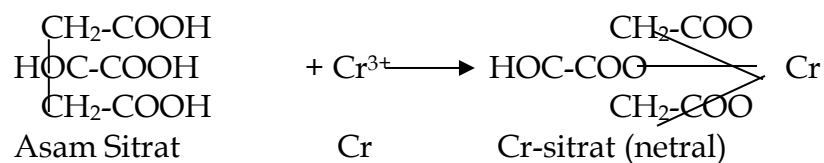
makanan (Meidianasari, 2010). Reaksi yang terjadi antara zat pengikat logam (Asam Sitrat) dengan ion logam kromium ( $\text{Cr}^{3+}$ ) menyebabkan ion logam tersebut kehilangan sifat ionnya dan mengakibatkan logam tersebut kehilangan sebagian besar toksisitasnya. Asam sitrat mempunyai 4 pasang elektron bebas pada molekulnya yaitu pada gugus karboksilat yang dapat diberikan pada ion logam sehingga menyebabkan terbentuknya ion kompleks yang dengan mudah larut dalam air (Setiawan, Rachmadiarti, & Raharjo, 2012). Struktur asam sitrat dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Struktur Asam Sitrat

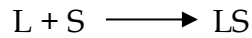
Keasaman asam sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil  $\text{COOH}$  yang dapat melepas proton dalam larutan. Jika hal ini terjadi, ion yang dihasilkan adalah ion sitrat. Sitrat sangat baik digunakan dalam larutan penyangga untuk mengendalikan pH larutan. Ion sitrat dapat bereaksi dengan banyak ion logam membentuk garam sitrat. Selain itu, sitrat dapat mengikat ion-ion logam dalam pengkkelatan (Yusbarina & Marlianis, 2013). Peningkatan konsentrasi asam berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat. Penurunan kadar logam kromium paling tinggi yaitu pada perlakuan konsentrasi filtrat kulit nanas 100%.

Asam sitrat sebagai *chelating agent* dengan tiga gugus fungsional karboksilnya yang dikondisikan dengan konsentrasi dan waktu kontak tertentu akan mengalami deprotonasi. Lepasnya ion  $\text{H}^+$  yang potensial ionisasinya besar dapat masuk ke dalam kisi-kisi dan mampu menggantikan kedudukan dengan ion logam  $\text{Cr}^{3+}$  dan terjadilah khelasi. Khelasi adalah reaksi kesetimbangan antara ion logam dengan agen pengikat (pengkkelat) yang dicirikan dengan terbentuknya lebih dari satu ikatan antara logam tersebut dengan molekul agen pengkkelat dan menyebabkan terbentuknya struktur cincin yang mengelilingi logam tersebut (Priyadi, Darmaji, Santoso, & Hastuti, 2013). Oleh karena itu, ion logam  $\text{Cr}^{3+}$  dapat berikatan dengan gugus  $-\text{COO}$  dari filtrat kulit nanas dan membentuk khelat dengan mekanisme reaksi seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Reaksi Asam Sitrat dan Kromium (Cr)

Proses pengikatan logam merupakan proses keseimbangan pembentukan kompleks ion logam dengan sekuestran. Secara umum keseimbangan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:



Keterangan:

L : Ion Logam

S : Sekuestran (Ligan)

LS : Kompleks Logam-Sekuestran

Hasil penurunan kadar logam kromium pada variasi konsentrasi filtrat kulit nanas menunjukkan selisih yang tidak terlalu besar dan signifikan. Hal ini dikarenakan tingkat keasaman untuk setiap variasi konsentrasi (25%, 50%, 75%, dan 100%) hampir sama. Meskipun tidak berbeda secara nyata, namun penurunan kadar logam kromium tertinggi terdapat pada konsentrasi 100% dengan kandungan asam sitrat yang lebih banyak dan waktu pencampuran selama 60 menit. Penelitian oleh (Ulfah, Rachmadiarti, & Raharjo, 2014) menunjukkan nilai penurunan kadar logam berat timbal (Pb) yang paling besar, yaitu pada perlakuan menggunakan konsentrasi 100% dan lama perendaman 60 menit sebesar 2.37 mg/l (76,55%).

Selain itu, lama pencampuran juga mempengaruhi penurunan kadar logam kromium yaitu pada waktu 60 menit. Penelitian lain oleh (Ilyasa, Susatyo, & Prasetya, 2017) membuktikan bahwa terdapat perbedaan signifikan kadar Pb, Cd, Fe, Zn terhadap kontrol akibat penambahan asam sitrat (5,3 %, 16% dan 26,6 %). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan asam sitrat berpengaruh terhadap kadar Pb, Cd, Fe, Zn. Sedangkan pada waktu perendaman selama 15, 30, 45, dan 60 menit terjadi kenaikan jumlah  $Pb^{2+}$  yang terlepas dalam filtrat.

## **KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa filtrat kulit nanas dapat menurunkan kadar logam kromium meskipun perlakuan variasi konsentrasi filtrat kulit nanas dan lama pencampuran memiliki selisih yang tidak terlalu signifikan. Pengikatan logam kromium ( $Cr^{3+}$ ) optimum terjadi pada konsentrasi filtrat kulit nanas 100% dan lama waktu pencampuran 60 menit. Berbagai jenis metode pengolahan limbah logam berat sudah banyak dilakukan, salah satunya adalah adsorpsi. Dengan metode ini, ion logam berat dapat membentuk suatu kompleks koordinasi dengan gugus karboksil ( $-COO$ ) dari adsorben yang terbuat dari bahan alam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi filtrat kulit nanas sebagai adsorben alami dan waktu pencampuran dengan logam kromium (Cr) dalam larutan limbah simulasi. Larutan limbah simulasi kromium (Cr) dengan konsentrasi 10 ppm dicampurkan dengan filtrat kulit nanas pada variasi konsentrasi 25 %, 50%, 75%, dan 100% (b/v) selama 30 menit dan 60 menit kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa filtrat kulit nanas efektif menurunkan kadar logam kromium (Cr) dalam larutan limbah simulasi. Presentase penurunan

kadar logam kromium (Cr) tertinggi melebihi 100% yaitu pada konsentrasi filtrat kulit nanas 100% selama waktu pencampuran 60 menit.

### **PENELITIAN LANJUTAN**

Logam kromium memiliki beberapa valensi ion yang menentukan tingkat toksisitasnya, yaitu  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ , dan  $\text{Cr}^{6+}$ . Valensi ion logam kromium dalam penelitian ini adalah  $\text{Cr}^{3+}$ . Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk jenis valensi ion lainnya. Selain itu, asam sitrat sebagai senyawa pengkhelet dapat diganti atau dikombinasikan dengan jenis asam organik lainnya seperti asam tartarat dan asam oksalat.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Adhi, M. F., Marzyan, R., Riza, M., & Mulana, F. (2021). Pemanfaatan Kulit Jeruk Purut Teraktivasi Sebagai Adsorben Alternatif Untuk Penyerapan Ion Logam Zn (II). *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*, 2:1, 10-14.
- Anggriawan, A., Atwanda, M. Y., Lubis, N., & Fathoni, R. (2019, Desember). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Chemurgy*, 03:2, 27-30.
- Danarto, Y. (2007). Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr (VI) dengan Adsorben Pasir yang Dilapisi Besi Oksida. *Ekuilibrium: UNS, Surakarta*, 6:2, 65-70.
- Ilyasa, A. T., Susatyo, E. B., & Prasetya, A. T. (2017). Penurunan Kadar Ion  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Cd}^{2+}$  Pada Kerang Dengan Menggunakan Filtrat Kulit Nanas. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5:3, 211-216.
- Kundari, N. A., & Wiyuniyati, S. (2008). Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, (pp. 489-496). Yogyakarta.
- Marwati, T., Rusli, M. S., & Mulyono, E. (2007). Pemucatan Minyak Daun Cengkeh dengan Metode Khelasi Menggunakan Asam Sitrat. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17:2, 61-68.
- Meidianasari, F. (2010). Pembuatan Saus Kupang Merah (*Musculita senhausia*) dengan Perlakuan Konsentrasi Asam Sitrat dan Lama Perendaman. Skripsi. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional (Veteran) Surabaya.
- Palar, H. (1994). *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Priyadi, S., Darmaji, P., Santoso, U., & Hastuti, P. (2013, November). Khelasi Plumbum (Pb) dan Cadmium (Cd) Menggunakan Asam Sitrat pada Biji Kedelai. *AGRITECH*, 33:4.

Setiawan, T. S., Rachmadiarti, F., & Raharjo. (2012, January). The Effectiveness of Various Types of Orange (Citrus Sp.) to the Reduction of Pb (Lead) and Cd (Cadmium) Heavy Metals Concentration on White Shrimp (*Panaeus Marguiensis*). *LenteraBio*, 1:1, 35-40.

Ulfah, S., Rachmadiarti, F., & Raharjo. (2014, Januari). Upaya Penurunan Logam Berat Timbal pada *Mystus nigriceps* di Kali Surabaya Menggunakan Filtrat Kulit Nanas. *LenteraBio*, 3:1, 103-108.

Yusbarina, & Marlianis. (2013, Oktober). Penurunan Kadar Limbah Logam Timbal (Pb) dengan Metode Khelasi Menggunakan Belimbing Wuluh ((*Averrhoa Bilimbi*)). *Jurnal Photon*, 4:1, 1-8.