



Studi Adsorpsi Sianida dari Tailings Pengolahan Emas dengan Metode *Resin-In-Pulp*

Ninik Lintang E.W.*, Cut Shafira, Palguno Helyoso

Program Studi D-IV Teknik Kimia Produksi Bersih, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung,
Program Studi D-III Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung,
Jl Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung

*E-mail: niniklintang@yahoo.com

Abstract

Cyanidation is an efficient and inexpensive gold extracting process from ore, allowing gold recovery from low-grade ore carried out economically. The disadvantage of cyanidation process is the generation of highly toxic cyanide-containing tailings. Such tailings need to be treated prior to disposal, in order to comply with environmental requirements. There are two methods to overcome cyanide-containing tailing, by recycling and recovery. Cyanide recovery will eliminate the cyanide destruction cost and will reduce fresh cyanide purchasing cost. Cyanide adsorption (as part of Hannah Process) has been studied using batch adsorption techniques, to examine the contact time, adsorbent dose, and maximum adsorption capacity of Lewatit U-SO₄ resin for cyanide removal. Results revealed that adsorption rate initially increased rapidly, and the optimum removal efficiency was reached within two hours. Further increase in contact time did not show significant change in equilibrium concentration; that means, the adsorption has reached equilibrium. The adsorption isotherms could be fitted well by the Langmuir model. The R_L value in the investigation was less than one, indicating that the adsorption of cyanide onto the resin is favorable. The resin optimum dose was 44 g/L and the maximum capacity was 20 mg CN/g resin, equivalent to 0.846 eq/L resin.

Keywords: Adsorption, cyanide, resin, cyanide recovery, Hannah Process

Pendahuluan

Ekstraksi emas-perak dari bijih menggunakan sianida telah diterapkan sejak tahun 1887, karena sangat ekonomis dan memberikan perolehan emas-perak yang maksimum, baik untuk ekstraksi bijih berkadar emas rendah maupun bijih *refractory* (Logsdon et al, 1999). Pada proses sianidasi, bijih emas dikontakkan dengan larutan sianida dengan konsentrasi 100 hingga 500 ppm, sehingga emas-perak membentuk senyawa kompleks dengan sianida.

Limbah yang dihasilkan dari proses sianidasi adalah *tailing*, yaitu *slurry* dari partikel batuan / bijih berukuran 200 mesh dengan kadar padatan sekitar 40%, dan mengandung sianida dengan konsentrasi sekitar 300 ppm. Sianida merupakan senyawa yang sangat beracun, paparan singkat sianida pada manusia dapat mengakibatkan gangguan kesehatan, seperti tremor dan efek neurologis lainnya, sedangkan pemaparan pada jangka panjang dapat mengakibatkan turunnya berat badan, tiroid dan kerusakan sistem saraf.

Sesuai peraturan lingkungan dan keberlanjutan operasi, pada umumnya *tailing* bersianida diolah sebelum dibuang ke lingkungan, dengan destruksi menggunakan reagen (proses INCO SO₂/udara atau proses Degussa copper-catalyzed H₂O₂), dan dilanjutkan dengan destruksi alami oleh sinar ultra violet dari matahari (Michael M. Botz 2001). Selain sianida, limbah *tailing* juga mengandung logam lain yang tidak terekstraksi seperti tembaga, besi, seng, timbal (Prasetyo, Radyan, 2008) yang perlu dipertimbangkan dalam penanganan limbah..

Sianida yang terkandung di dalam *tailing* masih memungkinkan untuk di-*recovery* dan dapat dimanfaatkan kembali sehingga mengurangi konsumsi sianida untuk *leaching*. Dikenal tiga metode untuk me-*recovery* sianida dari proses pengolahan bijih emas, salah satunya yaitu dengan adsorpsi menggunakan metode *Resin In Pulp*, karena tidak diperlukan *pre-treatment* untuk pemisahan *partikel* padat dari larutan. Sianida adalah anion poliatom carbon-nitrogen (CN⁻) yang biasanya membentuk senyawa kompleks dengan logam transisi atau ikatan ionik logam alkali. Senyawa sianida dapat digolongkan menjadi empat jenis ikatan, yaitu *free cyanide*, ikatan sederhana sianida (*simple cyanide compounds*), *weak acid dissociable* (W.A.D) *cyanide*, dan senyawa kompleks sianida kuat (*moderately strong cyanide complexes*) (Logsdon et al.1999).

Ketiga metoda *recovery* sianida, yaitu SART (*Sulphidization, Acidification, Recycling and Thickening*), AVR (*Acidification, Volatilization and RENEUTRALIZATION*), dan proses Hannah.





a. SART (*Sulphidization, Acidification, Recycling and Thickening*)

Proses SART dikembangkan oleh SGS Lakefield dan Teckcominco Corporation untuk menangani larutan yang mengandung senyawa WAD (terutama tembaga sianida, seng, dan nikel sianida). Selama sulfidasi dan pengasaman, larutan sianida ditambahkan dengan ion sulfida dan asam sulfat untuk menghasilkan pH 4 hingga 5, dan mengendapkan logam dalam larutan sebagai konsentrat sulfida (misalnya Cu_2S atau ZnS), yang bernilai ekonomis, sedangkan sianida dalam larutan berubah menjadi gas HCN. Proses SART sesuai untuk pengolahan larutan dengan kandungan *base metal* tinggi sebagai kompleks sianida WAD. Namun proses SART menghasilkan *free cyanide*, maka kelebihan larutan tetap mengandung sianida dan harus didestruksi sebelum dibuang ke lingkungan.

b. AVR (*Acidification, Volatilization and Reneutralization*, Ritcey and McNamara, 1978)

Pada proses AVR, *tailing* ditambahkan asam sulfat hingga pH 6-7 untuk mengubah semua sianida bebas menjadi asam sianida, kemudian dikontakkan dengan udara secara *counter-current* di dalam kolom, dan gas HCN yang terbentuk diadsorpsi dengan larutan kaustik kuat di kolom absorber untuk dikonversi menjadi ion sianida. Proses AVR merupakan teknologi *recovery sianida* yang baru diterapkan pada skala industri oleh Michael Botz Elbow Creek Engineering (Botz, 2001).

c. Proses Hannah

Proses Hannah menggunakan *strong base resin* untuk menyerap senyawa sianida dari *tailing*. Proses ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu adsorpsi, *elution*, dan absorpsi. *Free cyanide* dan senyawa WAD akan diadsorpsi menggunakan resin, kemudian sianida dilepaskan (*elution*) dari resin dengan larutan asam pekat, untuk menghasilkan gas HCN yang kemudian diadsorpsi dengan larutan soda kaustik (NaOH). Proses Hannah sesuai untuk menangani larutan yang mengandung tembaga sianida, sianida bebas, kompleks sianida logam lainnya, bahkan anion tiosianat. Menurut Nesbit (1996), adsorpsi sianida dengan resin ramah lingkungan karena tidak menghasilkan bahan antara yang beracun.

Tujuan penelitian adalah untuk menentukan waktu adsorpsi optimum, dosis resin optimum dan kapasitas maksimum resin Lewatit U SO_4 dalam mengadsorpsi sianida.

Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan dimana satu komponen (solut) dari suatu larutan (fluida) berpindah ke permukaan zat padat (adsorben). Adsorpsi terbagi menjadi dua jenis, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisik terjadi karena adanya gaya Van der Waals, dimana gaya tarik-menarik antara komponen solut dengan komponen adsorben lebih besar daripada komponen solut dengan pelarutnya. Sedangkan adsorpsi kimia terjadi karena adanya reaksi kimia antara solut dengan adsorben. Menurut Atkins (1999) proses adsorpsi kimia diawali dengan adsorpsi fisik, dimana komponen solut mendekati ke permukaan adsorben karena adanya gaya Van Der Waals ataupun ikatan hidrogen. Komponen solut terikat pada permukaan adsorben dan membentuk ikatan kimia (umumnya ikatan kovalen) hingga memaksimalkan kapasitas ruang/pori adsorben. Adsorpsi sianida dengan adsorben resin Lewatit U- SO_4 merupakan adsorpsi kimia, dengan reaksi:



Kinerja adsorpsi dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben, kecepatan pengadukan untuk meningkatkan kontak antara adsorben dengan solut, temperatur, dan tekanan operasi.

Pada adsorpsi fisika molekul adsorbat dapat dilepaskan dari permukaan adsorben tanpa mengalami perubahan pada tekanan rendah atau temperatur lebih tinggi dari kondisi adsorpsi. Sedangkan pelepasan adsorbat pada adsorpsi kimia jauh lebih sulit dilakukan. Pada adsorpsi fisika terbentuk adsorbat lapisan molekul ganda (*multi-molecular layers*), dan berlangsung sangat cepat (*instantaneous*), sedangkan pada adsorpsi kimia selalu terbentuk lapisan tunggal, dan biasanya memerlukan energi aktivasi.

Metode Penelitian

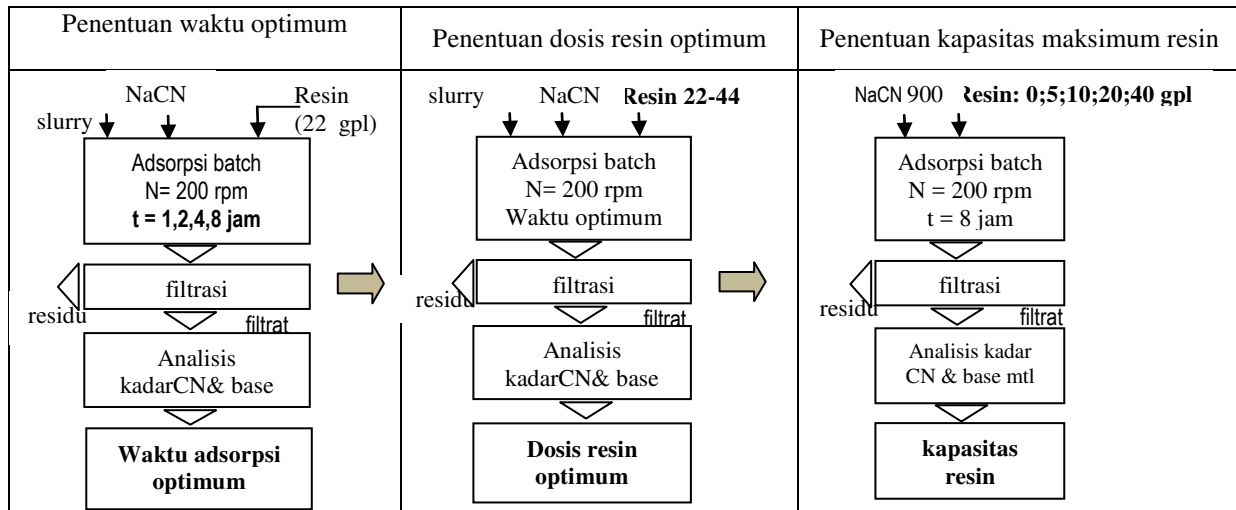
Bahan yang digunakan adalah *tailing* berupa *slurry* dengan kadar padatan sekitar 35%, kandungan sianida 100, 200 dan 300 ppm, resin *Lewatit U-SO₄*, (ukuran butiran rerata 0.85 (+/- 0.05) mm; kapasitas total 1.0 eq/L; densitas 1.1 g/mL), larutan $AgNO_3$ (100 ppm) sebagai titran untuk analisis kadar sianida, indikator *Rhodamine* 0,002% dan larutan standar *base metal* (Ag, Cu dan Zn).

Peralatan untuk percobaan adsorpsi adalah gelas kimia 1 L, flokulator, gelas ukur 1 L, gelas ukur 100 mL, neraca analitik, cawan petri, corong, labu erlenmeyer, buret, *spectrofotometer* (AAS).

Umpan (750 ml) dengan kadar sianida tertentu (100, 200, 300 ppm) dimasukkan ke gelas kimia, lalu masing-masing ditambahkan resin dengan dosis tertentu (22 gpl; 27,5 gpl; 38,5 gpl dan 44 gpl). Setelah itu campuran diaduk



oleh flokulator dengan kecepatan putaran 200 rpm selama waktu adsorpsi tertentu (1, 2, 4, 8 jam). Setelah adsorpsi selesai, dilakukan filtrasi, dan filtrat dianalisa kandungan sianida dan kandungan *base metal*(Ag, Cu dan Zn). Untuk mendapatkan kapasitas maksimum resin dilakukan dengan menggunakan larutan sianida berkonsentrasi tinggi (900 ppm) tanpa padatan. Secara ringkas tahapan percobaan disajikan pada Gambar 1'

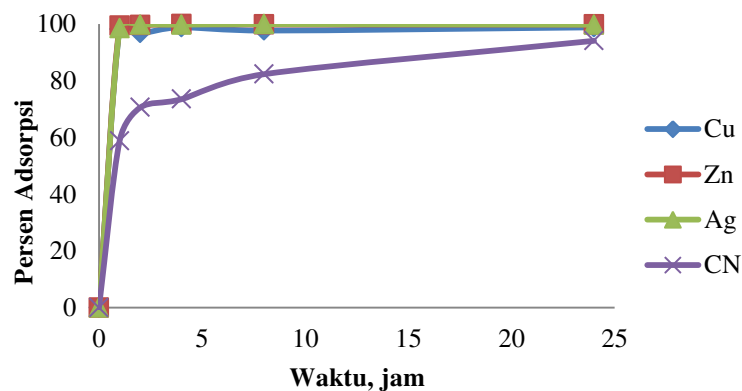


Gambar 1. Tahapan Percobaan

Hasil dan Pembahasan

Waktu adsorpsi

Umpan (*tailing*) dengan kadar padatan 34%, konsentrasi CN awal 340 ppm, kandungan Cu 7,94 ppm, Ag 4,44 ppm, dan Zn 26 ppm, dikontakkan dengan resin dengan kecepatan pengadukan 200 rpm, memberikan hasil adsorpsi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

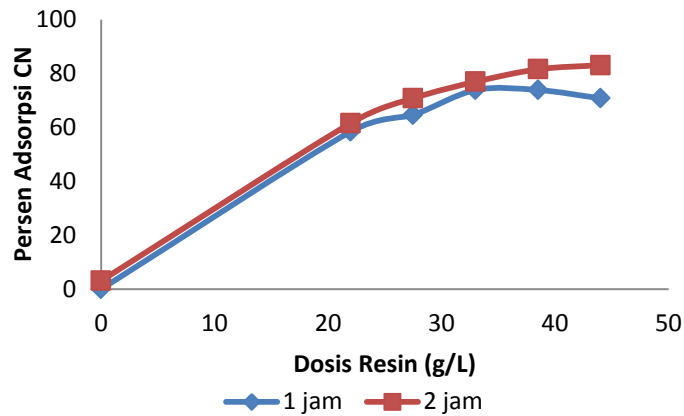


Gambar 2. Pengaruh Waktu Terhadap Persen Adsorpsi

Pada waktu adsorpsi hingga dua jam peningkatan persen adsorpsi sianida sangat signifikan, namun setelah lebih dari dua jam peningkatan melambat, dan pada jam ke 24 hampir konstan, yang berarti sudah terjadi keseimbangan. Untuk adsorpsi *base metal*, pada waktu adsorpsi satu jam persen adsorpsi langsung mencapai keseimbangan pada dua jam pertama, karena konsentrasi *base metal* dalam umpan sangat rendah.

Dosis Resin

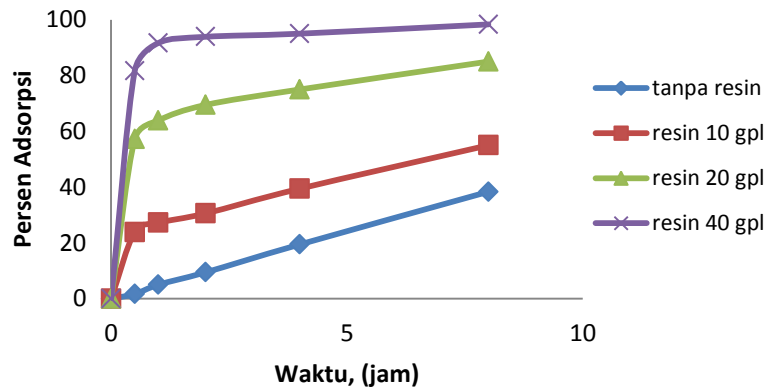
Untuk mempelajari pengaruh Dosis Resin terhadap tingkat adsorpsi dilakukan pada waktu kontak yang berbeda, yaitu satu dan dua jam, dan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh Dosis Resin Terhadap Persen Adsorpsi

Pengaruh dosis resin terhadap persen adsorpsi sianida menunjukkan bahwa pada waktu adsorpsi berbeda peningkatan dosis resin meningkatkan persen adsorpsi sianida dengan kecenderungan (*trend*) yang sama, dan pada dosis 44 g/L adsorpsi hampir mencapai keseimbangan (persen adsorpsi 83,3%).

Untuk mempelajari kinerja adsorpsi sianida dari larutan dengan dosis resin bervariasi (0, 10, 20 dan 40 g/L) dilakukan dengan larutan sianida dengan konsentrasi awal 900 ppm (tanpa padatan / *tailing*) dan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tingkat Adsorpsi Sianida Pada Dosis Resin Bervariasi

Pada percobaan dengan larutan blangko (larutan sianida tanpa resin), ternyata terjadi penurunan kadar sianida dari waktu ke waktu, hal ini disebabkan oleh terjadinya penguapan sianida. Pada dosis resin 10, 20 dan 40 g/L persen adsorpsi signifikan pada waktu kontak dua jam (35%, 61,7% dan 81,7%), selanjutnya peningkatan waktu adsorpsi sampai dengan 8 jam memberikan peningkatan persen adsorpsi secara linier namun tidak signifikan. Pada dosis resin 40 g/L pengaruh waktu terhadap persen adsorpsi signifikan hingga jam ke dua, dengan efektivitas yang tinggi, dan pada jam ke delapan sudah mendekati keseimbangan

Secara teoritis peningkatan dosis resin akan meningkatkan luas permukaan kontak antara adsorben dengan larutan, sehingga persen adsorpsi meningkat sebesar peningkatan luas permukaan kontak. Tetapi peningkatan persen adsorpsi tidak linier dengan peningkatan dosis resin, hal ini dibuktikan pada penelitian adsorpsi lainnya (Das et al, 2015).

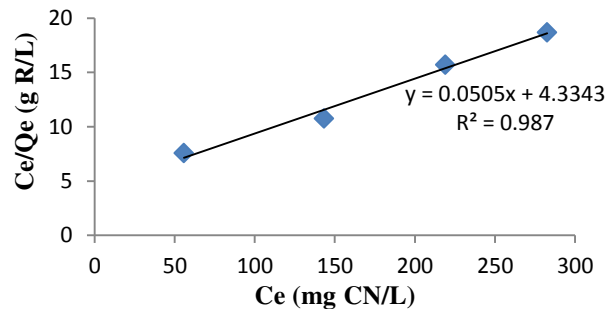
.Karena pada waktu adsorpsi dua jam perbedaan tingkat adsorpsi antara dosis resin yang berbedacukup signifikan, maka analisis isoterm adsorpsi dan kapasitas resin didasarkan pada waktu kontak 2 jam.

Isoterm Adsorpsi

Hasil percobaan adsorpsi sianida di dalam resin pada suhu kamar dikorelasikan dengan model Langmuir

$$C_e/Q_e = \{ 1 / (Q^0 b) \} + C_e/Q_0 \quad (2)$$

dimana C_e adalah konsentrasi sianida di dalam larutan pada keseimbangan (mg/L), Q_e adalah sianida yang teradsorpsi per gram adsorben pada kondisi seimbang (mg/gram), Q^0 dan b adalah konstanta Langmuir untuk kapasitas dan energi adsorpsi. Hubungan antara C_e/Q_e terhadap C_e ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Kurva isoterm adsorpsi Langmuir berupa garis lurus (linier) dengan $R^2 = 0,987$, menunjukkan keberlakuan model isoterm Langmuir pada sistem, dan juga mengindikasikan terbentuknya lapisan tunggal pada permukaan adsorben. Nilai Q_0 dan b (konstanta Langmuir) diperoleh dari slope dan intercept kurva. Slope kurva ($1/Q^0$) adalah sebesar 0,05; maka kapasitas resin adalah 20 mg CN/g Resin, atau setara dengan 0,846 eq/L. Nilai kapasitas resin cukup ideal dibandingkan dengan karakteristik resin Lewatit U-SO₄, yaitu 1,0 eq/L. Analisis lanjut terhadap persamaan Langmuir dapat dilakukan dengan basis parameter keseimbangan tak berdimensi R_L , atau dikenal sebagai faktor pemisahan, sesuai persamaan 3.

$$R_L = 1/(1+b.C_i) \quad (3)$$

Jika nilai R_L antara 0 dan 1 maka adsorpsi ideal (*favorable*), jika R_L lebih besar dari 1 maka adsorpsi kurang menguntungkan (*unfavorable*). Nilai R_L pada penelitian yang dilakukan adalah 0.154 mengindikasikan bahwa adsorpsi sianida pada resin mengikuti model Isoterm Langmuir.

Kesimpulan

Dari penelitian adsorpsi sianida dari limbah tailing dengan resin Lewatit U-SO₄, dapat disimpulkan bahwa persen adsorpsi meningkat pada saat awal dan mencapai optimum pada 2 jam. Isoterm adsorpsi sesuai dengan model *Langmuir*, dengan nilai R_L 0,154 (kurang dari satu), yang mengindikasikan bahwa adsorpsi sianida pada resin cukup baik. Dosis resin optimum 44 g/L dan kapasitas maksimum resin 20 mg CN/g resin atau setara dengan 0,846eq/L.

Daftar Pustaka

- Botz, M.M., "Overview of Cyanide Treatment Methods", Mining Environmental Management, Mining Journal Ltd., London, UK, pp. 28-30, May 2001.
- Das, Radharani et al, 2015 Utilization of Fly Ash as Low Cost Adsorbent for Treatment of Textile Dying Industry Effluents: Kinetics and Isotherms, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 5, Issue 2, February 2015)
- Fleming, Chris, 2010, Cyanide management in the gold industry Increasingly onerous restrictions are forcing the sector to manage better the use and disposal of cyanide, Mining Environmental Management
- Logsdon, M.J. et al. 1999, *The Management Of Cyanide In Gold Extraction*, International Council On Metals And The Environment, Ontario
- Prasetyo, Radyan, 2008, *Kajian Pemanfaatan Limbah Penambangan Emas (Studi Kasus : Pemanfaatan Tailing di PT Antam UBPE Pongkor)*,
- P.W. Atkins. 1999. *Kimia Fisika*. Jakarta. Erlangga
- SGS Group Management SA. 2013. *Hannah Process*. USA. SGS Lakefield.
- SGS Soci t  G n rale de Surveillance SA. 2013. *Cyanide Recovery*. USA. SGS Lakefield.
- Strangfeld, Vinzenz Klaus. 2000. *The Recovery of Metal Cyanides by Ion Exchange Resins*. Cape Peninsula University of Technology.



Lembar Tanya Jawab

Moderator : Yuliusman (Universitas Indonesia, Depok)

Notulen : Susanti Rina(UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Satriyo (UPN)
Pertanyaan : Mengapa pada waktu 0 – 2 jam adsorpsi terjadi sangat cepat ?
Jawaban : Aktifitas gugus masih bagus (aktif) sedangkan pada waktu diatas itu permukaan gugus sudah banyak yang bereaksi sehingga adsorpsi turun.
2. Penanya : Yuliusman (UI)
Pertanyaan : Bagaimana perlakuan resin setelah proses berlangsung?
Jawaban : Resin didaur ulang

