

Optimasi Perolehan Emas dan Perak berdasarkan Variasi Ukuran Partikel dan Variasi Konsentrasi Sianida (CN⁻) pada Pengolahan Bijih Emas di PT. Nusa Halmahera Minerals Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara

Optimization of Gold and Silver Acquisition based on Particle Size Variations and Cyanide (CN⁻) Concentration in Gold Ore Processing at PT. Nusa Halmahera Minerals North Halmahera Regency North Maluku Province

¹ Muhammad Rizky Rivaldy, ²Sri Widayati, ³Solihin.

^{1,2,3}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,

Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email: ¹likhezninetynine@gmail.com, ²sriwidayati@unisba.ac.id, ³hn_solihin@yahoo.com

Abstract. Research in PT Nusa Halmahera Minerals (NHM) is about gold and silver processing, especially for samples blending or parcel with composition in red kencana (KR-1873), yellow (TY2-214), mud kencana red mill (KR-1869). The purpose of this study is to determine the % recovery of gold (Au) and silver (Ag) with variations in cyanide (CN⁻) concentration and particle size. The result shows that the highest % recovery is reached at 35,3 micron size particles with 300 ppm cyanide (CN⁻) concentrations, where is able to extract gold (Au) of 92,77 % and silver (Ag) of 93,79%. This shows that in order to increase % recovery of gold (Au) and silver (Ag), the particle size and cyanide (CN⁻) concentration are one of the cyanide (CN⁻) leaching parameters that can extract more than other parameters.

Keywords: Gold (Au) and Silver (Ag), Leaching, Particle Size, Cyanide (CN⁻) Concentration, Recovery.

Abstrak. Penelitian di PT Nusa Halmahera Mineral (NHM) tentang pengolahan emas dan perak khususnya untuk sampel *blending* atau *parcel* dengan komposisi pada kencana *red* (KR-1873), kencana *yellow* (KY1-1163), *toguraci yellow* (TY2-214), *mud* (lumpur) *mill* kencana *red* (KR-1869). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perolehan emas (Au) dan perak (Ag) dengan variasi konsentrasi sianida (CN⁻) dan variasi ukuran partikel. Berdasarkan hasil penelitian % perolehan tertinggi yaitu berada pada ukuran partikel 35.3 micron dengan konsentasi sianida (CN⁻) 300 ppm. Dimana mampu mengekstraksi emas (Au) sebesar 92.77% dan perak (Ag) sebesar 93.79%. Hal ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan % perolehan dari emas (Au) dan perak (Ag) maka parameter ukuran partikel dan konsentrasi sianida (CN⁻) merupakan salah satu parameter pelindian sianida (CN⁻) yang mampu mengekstraksi lebih banyak dari pada parameter lainnya.

Kata Kunci : Emas (Au) dan Perak (Ag), Pelindian, Ukuran Partikel, Konsentrasi Sianidasi (CN⁻), Perolehan.

A. Pendahuluan

PT. Nusa Halmahera Minerals merupakan salah satu perusahaan pertambangan emas yang proses pengolahan bijihnya menggunakan metoda hidrometalurgi dengan proses sianidasi. Kondisi bijih yang berada di IUP PT Nusa Halmahera Minerals memiliki kadar tinggi. Dikarenakan kadar emas dalam bijih yang ditambang PT Nusa Halmahera Minerals tinggi dan segi ekonomis yang diperhitungkan, maka proses sianidasi yang diterapkan di *Mill Plant* PT Nusa

Halmahera Minerals.

Metoda hidrometalurgi digunakan karena efektifitas dan efisiensinya dibandingkan metoda pemisahan yang lain. Di antara beberapa metoda ekstraksi logam – logam yang mempunyai nilai ekonomis, metoda ekstraksi pelarut adalah suatu metoda yang telah banyak aplikasinya di dalam bidang industri saat ini. Proses pelindian dengan menggunakan sianida (CN⁻) ini memiliki persen perolehan emas lebih besar dibandingkan proses pengambilan emas dengan menggunakan merkuri. Karena tingginya persen perolehan emas

dengan menggunakan sianida (CN⁻) yaitu hampir mencapai 95%. Konsentrasi sianida (CN⁻) yang ditambahkan kedalam proses pelindian sangat berpengaruh pada perolehan emas yang didapatkan, karena sianida (CN⁻) akan bersenyawa kompleks dengan emas.

Pada kondisi aktual di lapangan, perolehan emas dan perak sangat berpengaruh terhadap beberapa parameter diantaranya parameter ukuran partikel dan konsentrasi sianida (CN⁻) yang digunakan. Kondisi ini sangat berdampak pada % perolehan yang akan dihasilkan.

B. Landasan Teori

Proses pengolahan emas didahului dengan pengecilan ukuran melalui proses *crushing* dan *milling*, dilanjutkan dengan ekstraksi logam berharga secara *hidro-pirometalurgi*, yaitu Pelindian, CCD, *Gravity Concentrator* dan diselesaikan dengan *smelting*. Produk akhir masih berupa campuran emas dan perak atau disebut *bullion*. Kriteria desain di *Mill Plant* PT. Nusa Halmahera Minerals diantaranya *Troughput* yang berkisar di angka 60 tph, target *recovery* emas 95%, dan kadar sianida dan emas pada *tailing dump* adalah jauh di bawah 1 ppm atau tanpa sianida.

Sistem pengamatan aktivitas alat pengolahan di PT. Nusa Halmahera Minerals banyak dikendalikan oleh sensor yang dapat di monitoring oleh *control room* sehingga operator dapat memantau dari monitoring kinerja setiap alat pengolahan, pipa yang digunakan, dan kecepatan pengumpanan ataupun kecepatan pemompaan, sehingga bila didapatkan suatu permasalahan sudah dapat diketahui dalam sistem monitoring dan dapat langsung ditangani permasalahannya. Gosowong *process plant* terdiri dari beberapa tahap yaitu : *Wobbler* adalah memisahkan bijih emas

yang berukuran besar (>55 mm produk ini biasa disebut *oversize*) dan bijih emas yang berukuran kecil (<55 mm biasa disebut *undersize*), produk *oversize* harus dihancurkan terlebih dahulu sebelum dicampurkan ke umpan penggilingan (*mill feed stockpile*).

Crushing (Penghancuran batuan bijih) adalah merupakan tahap dimana batuan bijih dari produk *oversize wobbler* yang mencapai ukuran 950 mm dihancurkan dengan menggunakan alat *single toggle jaw crusher* dengan target ukuran bijih hasil penghacuran 70-90 mm. Bijih dengan ukuran tersebut kemudian di kumpulkan di sebuah tumpukan yang disebut *crushed ore stockpile*. Bijih tersebut kemudian siap untuk di *supply* ke tahap penggilingan atau penghalusan.

Grinding dan *clasifcation* bijih dari *crushed ore stockpile* di *supply* ke tahap penggilingan melalui alat *reclaim feeder* (alat pengatur kecepatan masukan bijih). Dengan memakai *conveyor* berjalan bijih tersebut ditransfer masuk ke alat penggilingan utama yaitu SAG *Mill* (Semi Autogenous Mill). Didalam SAG *mill* yang berputar tersebut terdapat bola-bola baja dengan ukuran 105 mm. Bijih tersebut akan tergerus oleh bola-bola baja tersebut dan juga tergerus oleh bijih itu sendiri. Hasil dari SAG *mill* adalah bijih dengan ukuran bervariasi dari 125 μ m - 45 μ m



Sumber : Dokumentasi Lapangan, 2018

Gambar 1

a. Room Pad, b. Reclaim Hopper
b. Belt Conveyor, d. Jaw Crusher

1. Gravity Circuit dan in leach reactor dari hopper SAG mill dan ball mill discharge, lumpur bijih dipompakan sebagian ke gravity circuit. Gravity circuit terdiri dari dua tahap:

- Magnetic Separator* Alat ini berfungsi untuk *screening* dan memisahkan bijih dari logam - logam yg bersifat magnetik (seperti besi, nikel, dll).
- Falcon Concentrator* ini material lumpur bijih akan mengalami proses *gravity classification*, dimana material akan diputar sedemikian rupa hingga mengalami gaya sentrifugal yang tinggi.



Sumber : Dokumentasi Lapangan, 2018

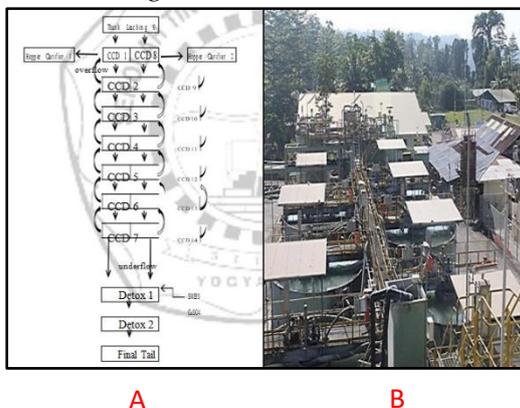
Gambar 2

(a). *Magnetic Separator*, (b). *Falcon Concentrator*

- Pre - leach* dan *leaching* (pengentalan awal dan pelindian)

- Pre - leach* (pengentalan awal) proses dimana lumpur bijih hasil dari *overflow cyclone* tersebut memiliki densitas kekentalan solidnya (persen solid density) sekitar 20% solid saja, sedangkan proses pelindian menargetkan 50% solid.
 - Leaching* (pelindian) dimana pada tahap ini Lumpur bijih di agitasi dan diinjeksikan dengan oksigen dengan kemurnian tinggi, kapur dan timbal nitrat ($Pb(NO_3)_2$, tanpa ada penambahan sianida. Proses ini dimaksudkan untuk mengoksidasi mineral - mineral sulfida sehingga matriks emas dan perak yang berasosiasi dengan sulfida bisa terliberasi dan memudahkan sianida untuk kontak dengan matriks emas dan perak saat proses pelindian berlangsung
2. *CCD wash thickener* (pencucian dan pemisahan solid - solution) 9 hasil dari pelindian proses, kemudian ditransfer ke proses selanjutnya yaitu *Counter Current Decantation (CCD)* untuk dilakukan proses pemisahan antara *solid* dan *solutionnya* dari *slurry*. Prosesnya sama dengan *pre - leach thickener*, hanya saja pada CCD terdapat 7 buah *thickener* yang di susun seri. Namun arah *flow slurry* berlawanan dengan arah air pencucinya inilah yang disebut *counter current*. *Slurry* masuk dari depan yaitu CCD 1 sedangkan air pencucian dalam hal ini memakai *baren water* di alirkan dari belakang CCD 7. *Overflow solution* dari CCD 1

yang telah mengandung kaya emas dan perak di jernihkan lagi di *hopper clarifier* menggunakan bahan kimia *coagulant*.



Sumber : Dokumentasi Lapangan, 2018

Gambar 3

(a). Diagram Alir Proses CCD, (b). Jalur Tangki CCD 1-7

3. *Precipitation* dan *recovery* (presipitasi dan pengambilan logam berharga) *solution* yang kaya emas (*pregnant solution*) hasil dari *hopper clarifier* kemudian di tampung pada tanki yang dinamakan *pregnant tank*. Kemudian *solution* tersebut di jernihkan kembali dengan alat *Jord Filter*, yaitu berupa tabung silinder yang didalamnya tersusun lembaran - lembaran *filter clothes* yang berfungsi untuk menangkap partikel - partikel halus di *pregnant solution* tersebut. *Pregnant solution* yang telah jernih tersebut kemudian dihilangkan kadar oksigen terlarutnya (*oxigen disolve*) dengan dialirkan pada alat *Merril Crowe* yaitu berupa tabung dengan design khusus disertai dengan *vacump pump*, yang mampu melepaskan sebagian besar oksigen terlarut pada *pregnant solution*. Oksigen kemudian

dibuang ke udara lepas. Maksud dari pembuangan oksigen pada *pregnant solution* ini adalah agar proses reaksi presipitasi emas dan perak menggunakan bubuk *seng* (*zinc dust*) berjalan dengan sempurna.

4. *Smelting* (Peleburan) *Harvest cake* kemudian di kumpulkan lalu dikeringkan di dalam *calcine oven* selama kurang lebih 24 - 48 jam. *Cake* yang telah kering siap untuk di lebur (*smelting*) di dalam tungku (*Smelting Furnace*). Namun sebelum itu *harvest cake* tersebut dicampur dengan beberapa bahan kimia pembentuk *flux*, seperti *borax*, mangan dioksida, *Soda ash*, dan *Silica*. *Flux* ini berfungsi untuk mengikat dan memisahkan material pengotor dari logam berharga pada saat *smelting* berlangsung dengan membentuk larutan *slag*. Logam berharga yang cair tersebut kemudian dituangkan kedalam cetakan - cetakan *bullion*. Pada kondisi optimal kadar emas ditambah perak dalam *bullion* tersebut berkisar 88%. *Bullion - bullion* tersebut kemudian disimpan kedalam lemari besi. Jika jumlah *bullion* telah mencukupi, maka siap untuk dikirim ke logam mulia untuk proses pemurnian dan pemisahan logam emas dan perak.

5. *Detoxification* (penghancuran sianida atau zat berbahaya) lumpur buangan dari proses pengolahan emas masih mengandung kadar zat sianida yang tinggi, saat ini berkisar antara 300 - 350 ppm. Dengan kadar sianida setinggi itu sangat berbahaya bagi kelangsungan lingkungan hidup. Untuk itu

sianida tersebut harus dihancurkan terlebih dahulu, melalui proses *detoksifikasi*. Lumpur buangan atau *tail slurry* dari CCD 7 *underflow* kemudian di alirkan ke proses *detoksifikasi*. Disini ditambahkan bahan kimia *sodium metabisulfit* (SMBS), kapur, dan *Coppersulfate* (CuSO₄), serta diinjeksikan dengan udara bertekanan tinggi. Dengan proses *detoksifikasi*, kadar sianida turun menjadi kurang dari 10 ppm.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Percobaan variasi ukuran partikel pada konsentrasi sianida (CN⁻) 300 Ppm. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel pada variasi 35.3 micron, 39.0 micron, 50.8 micron terhadap ekstrasi bijih emas dan perak dengan menggunakan konsentrasi sianida (CN⁻) 300 ppm. Sehingga menghasilkan perolehan tertinggi dari variasi ukuran partikel. Waktu yang digunakan pada percobaan ini adalah 48 jam dan diambil contoh pada jam ke 2, 4, 8, 24, 32 dan 48. Kondisi kekuatan larutan pH, dan DO tetap dipertahankan selama percobaan dan apabila ada penurunan sianida (CN⁻), maka dikembalikan seperti semula. Adapun kondisi yang digunakan yaitu :

- Ukuran Partikel = 35.3, 39.0, 50.8 Micron
- Konsentrasi CN⁻ = 300 ppm = $\frac{(738 \text{ ml} \times 300 \text{ ppm})}{99.700 \text{ ppm}} = 2.2 \text{ ml}$

- Pb(NO₃)₂ Timbal (II) Nitrat = 200 ppm = $\frac{(200 \text{ ppm} \times 738 \text{ ml})}{1.000.000} = 0.14 \text{ gr}$
- % Solid = 47 %
 - Solid (Padatan) = 655 gr
 - Solution (Larutan) = 738 ml
- pH = 10.5 – 11.7
 - Penambahan Lime = 0.8 gr
- DO = 15 ppm – 17.2 ppm
 - Total Penambahan Oksigen = 10 menit

Tabel 1. Rata - Rata Hasil Perolehan Emas (Au) dan Perak (Ag) pada Variasi Ukuran Partikel dengan Konsentrasi Sianida (CN⁻) 300 Ppm

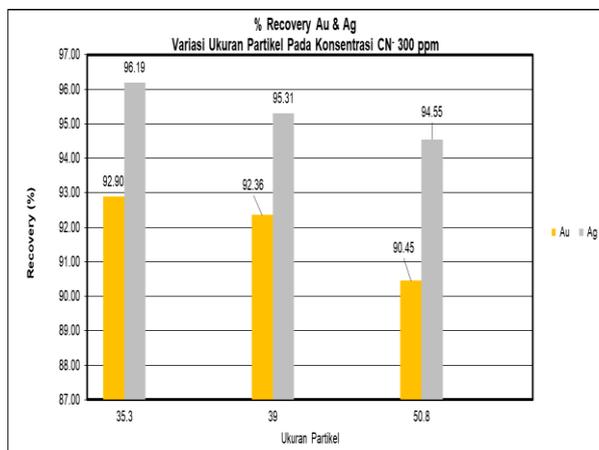
Pelindian Dengan Variasi Ukuran Partikel						
Variasi Ukuran Partikel (Micron)	Konsentrasi Sianida (CN ⁻) (Ppm)	Kode Sampel	% Recovery		% Recovery Rata - Rata	
			Emas (Au)	Perak (Ag)	Emas (Au)	Perak (Ag)
35.3 mic	300 ppm	A	93.32	95.30	92.90	96.19
		B (Duplo)	92.48	97.08		
		C	92.32	94.04	92.36	95.31
D (Duplo)		92.40	96.57			
50.8 mic		E	90.75	95.65		
		F (Duplo)	90.15	93.46		

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari Tabel 1 di atas hasil percobaan dengan variasi ukuran partikel didapat rata - rata perolehan tertinggi emas (Au) sebesar 92.90% dan perak (Ag) sebesar 96.18%. Pada ukuran partikel 35.3 micron dan konsentrasi sianida (CN⁻) 300 ppm.

Rata – rata hasil perolehan emas (Au) dan perak (Ag) terhadap variasi ukuran partikel 35.3, 39.0 dan 50.8 micron pada konsentrasi sianida (CN⁻) 300 Ppm. Dari percobaan variasi ukuran partikel sampel (A-B) 35.3, (C-D) 39.0, (E-F) 50.8 micron pada konsentrasi sianida

(CN⁻) 300 ppm dihasilkan perolehan dari masing - masing variasi pada gambar di bawah ini.



Sumber : Hasil Pengolahan Data

Gambar 4. Perolehan Rata-Rata Emas (Au) Dan Perak (Ag) dengan Variasi Ukuran Partikel pada Konsentrasi Sianida (CN⁻) 300 Ppm

Dari gambar 4 di atas percobaan pelindian dengan sianida (CN⁻) pada variasi ukuran partikel sampel (A-B) 35.3, (C-D) 39.0, (E-F) 50.8 micron pada konsentrasi sianida (CN⁻) 300 ppm, dihasilkan nilai perolehan tertinggi berada pada ukuran partikel 35.3 di mana perolehan emas (Au) sebesar 92,90% dan perak (Ag) sebesar 96,19%, kemudian pada ukuran partikel 39.0 micron perolehan emas (Au) sebesar 92,36% dan perak (Ag) sebesar 95,31%, dan pada ukuran partikel 50.8 micron perolehan emas (Au) sebesar 90,45 dan perak (Ag) sebesar 94,55%.

2. Percobaan variasi konsentrasi sianida (CN⁻) pada ukuran partikel 35.3 Micron. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi sianda

(CN⁻) 300, 450, 600 ppm terhadap ekstrasi bijih emas dan perak dengan menggunakan ukuran partikel 35.3 micron. Sehingga menghasilkan perolehan tertinggi dari variasi konsentrasi sianda (CN⁻) tersebut. Waktu yang di gunakan pada percobaan ini adalah 48 jam dan diambil contoh pada jam ke 2, 4, 8, 24, 32 dan 48. Kondisi kekuatan larutan pH dan DO tetap dipertahankan selama percobaan dan apabila ada penurunan sianda (CN⁻), maka dikembalikan seperti semula. Adapun kondisi yang digunakan yaitu :

- Konsentrasi CN⁻ = 300, 450, 600 ppm

$$= 300 \text{ ppm} = \frac{(738 \text{ ml} \times 300 \text{ ppm})}{99.700 \text{ ppm}}$$

$$= 300 \text{ ppm} = 2.2 \text{ ml}$$

$$= 450 \text{ ppm} = 3.3 \text{ ml}$$

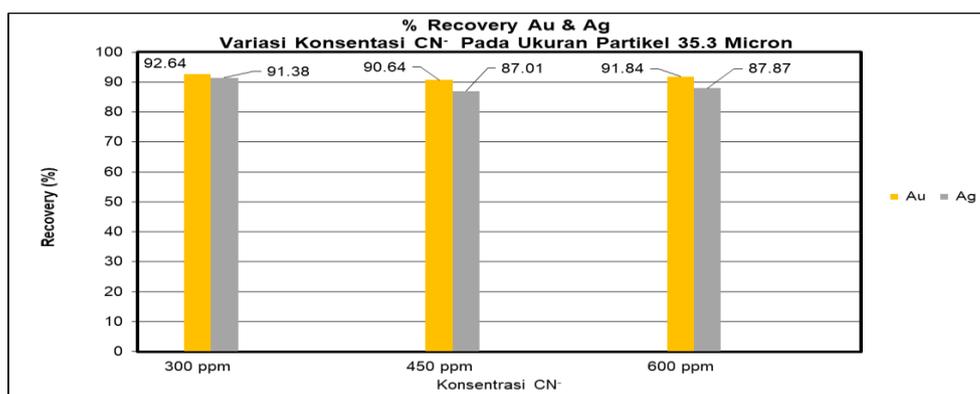
$$= 600 \text{ ppm} = 4.4 \text{ ml}$$

- Ukuran partikel = 35.3 Micron
- Pb(NO₃)₂ Timbal (II) Nitrat = 200 ppm = $\frac{(200 \text{ ppm} \times 738 \text{ ml})}{1.000.000} = 0.14 \text{ gr}$
- % Solid = 47 %
- Solid (padatan) = 655 gr
- Solution (larutan) = 738 ml
- Ph = 10.5 – 11.7
- Penambahan Lime = 0.8 gr
- DO = 15 ppm – 17.2 ppm
- Total Penambahan Oksigen = 10 menit

Tabel 2. Rata - Rata Hasil Perolehan Emas (Au) Dan Perak (Ag) pada Variasi Konsentrasi Sianida (CN⁻) Dengan Ukuran Partikel 35.3 Micron

Pelindian Dengan Variasi Konsentrasi Sianida (CN ⁻)						
Variasi Sianida (CN ⁻)	Ukuran Partikel Micron	Kode Sampel	% Recovery		% Recovery Rata - Rata	
			Emas (Au)	Perak (Ag)	Emas (Au)	Perak (Ag)
300 ppm	35.3 mic	A	92.73	91.38	92.64	91.38
		B (Duplo)	92.55	91.38		
450 ppm		C	92.23	87.38	90.64	87.01
		D (Duplo)	89.06	86.64		
600 ppm		E	92.29	87.64	91.84	87.87
		F (Duplo)	91.39	88.11		

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Gambar 5. Perolehan Rata-Rata Emas (Au) Dan Perak (Ag) dengan Variasi Konsentrasi Sianida (CN⁻) Pada Ukuran Partikel 35.3 Micron

Dari Tabel 2 di atas hasil percobaan dengan variasi konsentrasi sianida (CN⁻) didapat rata - rata perolehan tertinggi emas (Au) sebesar 92.64% dan perak (Ag) sebesar 91.38%. Pada konsentrasi sianida (CN⁻) 300 ppm dan ukuran partikel 35.3 micron.

Rata - rata hasil perolehan emas (Au) dan perak (Ag) terhadap variasi konsentrasi sianida (CN⁻) 300, 450 dan 600 Ppm pada ukuran partikel 35.3 micron. Dari percobaan variasi konsentrasi sianida (CN⁻) sampel (A-B) 300, (C-D) 450, dan (E-F) 600 ppm pada ukuran partikel 35.3 micron dihasilkan perolehan dari masing - masing

variasi pada Gambar di bawah ini.

Dari gambar 5 di atas percobaan pelindian dengan sianida (CN⁻) pada variasi konsentrasi sianida (CN⁻) sampel (A-B) 300, (C-D) 450, dan (E-F) 600 ppm dengan ukuran partikel 35.3 micron dihasilkan nilai perolehan tertinggi berada pada konsentrasi sianida (CN⁻) 300 ppm di mana perolehan emas (Au) sebesar 92.64% dan perak (Ag) sebesar 91.38%, kemudian pada konsentrasi sianida (CN⁻) 450 ppm perolehan emas (Au) sebesar 90.64% dan perak (Ag) sebesar 87.01%, dan pada konsentrasi sianida (CN⁻) 600 ppm perolehan emas (Au)

sebesar 91.84 dan perak (Ag) sebesar 87.87%.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dengan parameter variasi ukuran partikel dan konsentrasi sianida (CN⁻) pada proses pelindian sianida (CN⁻) dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. % perolehan tertinggi pada proses pelindian emas (Au) dan perak (Ag) berada pada ukuran partikel 35.3 micron dengan konsentrasi sianida (CN⁻) 300 ppm dimana mampu mengekstraksi rata - rata logam emas (Au) mencapai 92,90% dan perak (Ag) mencapai 96.19%.
2. % perolehan tertinggi pada proses pelindian emas (Au) dan perak (Ag) berada pada konsentrasi sianida (CN⁻) 300 ppm dengan ukuran partikel 35.3 micron dimana mampu mengekstraksi rata - rata logam emas (Au) mencapai 92,64% dan perak (Ag) mencapai 91.38%.
3. % perolehan tertinggi pada proses pelindian yang paling ideal yaitu berada pada ukuran partikel 35.3 micron dengan konsentasi sianida (CN⁻) 300 ppm. Dimana mampu mengekstraksi rata - rata logam emas (Au) sebesar 92.77% dan perak (Ag) sebesar 93.79%.

E. Saran

Untuk mengoptimalkan hasil perolehan emas (Au) dan perak (Ag) yang cukup tinggi dalam produksi emas menggunakan sianidasi (CN⁻) sebagai metode ekstraksi, maka :

1. Pemantauan dan pengontrolan parameter yang mempengaruhi poses pelindian seperti: konsentrasi sianida (CN⁻), %

solid, pH *slurry*, DO, penambahan Pb(NO₃)₂, dan ukuran partikel, ini harus lebih diperhatikan dengan teliti.

2. lat - alat yg digunakan untuk proses produksi itu sendiri (CN⁻) harus lebih dikontrol, agar % perolehan yang didapat sesuai target.

Daftar Puskata

- Aji, M Winanto, Sukamto 1992, "Penelitian Kenaikan Kadar Emas Dan Perak Dalam *Sand Tailing* Hasil Proses Sianidasi", Fakultas Tambang - UPN "Veteran" Yogyakarta.
- John, L, 2013, "Toguraci *Underground Mine Development*", PT. NHM Gosowong.
- Proyek Emas Gosowong 1999, "Deskripsi Komponen Pelindian", Modul Pelatihan Deskripsi Komponen Pelindian, PT. NHM. Gosowong.
- Robert G, 2008, "Pengelolaan Sianida", *Attorney General's Department*, Canberra ACT 2600.
- Sutarto, H, 2010, "Endapan Mineral", Jurusan Teknik Geologi – FTM,UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Tahli. L, Rochani, Nuryadi. (2010), "Penelitian Pengolahan Emas Dengan Sianidasi Dan *Ciladsorption* Skala *Pilotplant*", Laporan Akhir Tahun Anggaran, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Mineral Dan Batubara "tekMIRA" Bandung.