

OPTIMASI RECOVERY EMAS DAN PERAK DENGAN SIANIDASI PADA DEPOSIT BIJIH EMAS KADAR RENDAH DI PT. NUSA HALMAHERA MINERALS DAERAH GOSOWONG KABUPATEN HALMAHERA UTARA, PROVINSI MALUKU UTARA

Apriani Sarempa, Ag. Isjudarto

*1Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional
aprianyfanny@gmail.com*

*2Dosen Jurusan Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional
Is_darto@yahoo.com*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang sianidasi emas dan perak dari *deposit low grade Kencana Yellow 2 (KY2)* yang diambil pada *Room Pad* PT. Nusa Halmahera Minerals. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui *recovery* emas dan perak pada titik optimal *leaching* sianida deposit bijih kadar rendah di PT. Nusa Halmahera Minerals dan mengetahui parameter utama untuk memperoleh *recovery* emas dan perak tertinggi. Berdasarkan hasil penelitian tersebut divariasikan beberapa parameter *leaching* sianida, diantaranya variabel konsentrasi larutan, % solid, penambahan $Pb(NO_3)_2$ dan ukuran partikel (*size*). *Recovery* tertinggi pada parameter kekuatan larutan adalah 94,60% emas dan 85,12% perak dengan dosis sianida adalah 450 ppm, sianida yang digunakan dalam proses *leaching* berasal dari NaCN. Dalam konsentrasi tertentu, makin besar konsentrasi sianida (CN-) dari larutan, makin besar kelarutan Au dan Ag serta jumlah pengotor (*impurities*) lainnya sehingga akan sedikit menghambat. % solid yang ideal digunakan adalah 47% solid dengan *recovery* emas 94,91% dan perak 90,38%. Persen *solid* merupakan perbandingan antara berat padatan dengan berat total, makin besar persen *solid*, berarti makin banyak jumlah padatan, sehingga kesempatan untuk bereaksi antara emas dan perak dengan larutan akan semakin kecil. Penambahan $Pb(NO_3)_2$ ideal adalah 100 ppm dengan *recovery* emas 93,92% dan perak 91,28%, $Pb(NO_3)_2$ yang dikenal juga sebagai leed nitrat, biasa digunakan dalam pengolahan sistem *cyanide* dimana berfungsi sebagai katalisator oksidator kuat dalam pengolahan, fungsi tersebut dapat bekerja sebagai penghancur pirit dan mengoksidasi logam-logam dalam batuan atau lumpur. Semakin halus ukuran butiran, maka derajat liberasi (kebebasan mineral atau unsur dalam bijih) dan luas permukaan efektif semakin besar sehingga makin besar kesempatan atau kontak antara permukaan butiran dengan larutan. Ukuran partikel (*size*) terkecil 32,6 mikron dengan *recovery* emas mencapai 95,93% dan 86,11% perak, Hal ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan % *recovery* dari emas dan perak maka parameter ukuran partikel (*size*) merupakan salah satu parameter *leaching* sianida yang mampu mengekstraksi lebih banyak dari pada parameter lainnya.

Kata kunci: Emas, *Leaching*, Partikel Size, *Recovery*, Sianidasi.

1. PENDAHULUAN

PT. Nusa Halmahera Minerals (NHM) merupakan perusahaan penanaman modal asing berbentuk *joint venture* antara PT. Aneka Tambang (Persero) dengan saham 17,5% dan *Newcrest Mining Limited* dengan saham 82,5%. Newcrest dan Antam membentuk suatu usaha bersama di tahun 1994 untuk melakukan eksplorasi pencarian emas di pulau Halmahera.

Daerah Gosowong di Halmahera Utara dikenal sejak ditemukannya cadangan emas dan perak sebanyak 1.0 Mt @24 gr/ton atau mengandung 770.000 oz emas. Pada Maret 1996 oleh PT. Nusa Halmahera Minerals, yang melakukan eksplorasi mulai November 1992 di daerah Maluku Utara dan Halmahera khususnya. Pada bulan Mei 2000 ditemukan *outcrop Midas* serta bulan Agustus 2000 juga ditemukan urat *high grade* di Toguraci, pada bulan Desember 2001 daerah Toguraci mempunyai Cadangan 0,41 Mt @27 gr/t emas atau mengandung 361.000 oz emas.

Pada bulan Januari 2003 ditemukan *Kencana High Grade Vein Intersected* dan pada bulan Februari 2004 daerah Kencana mempunyai Cadangan 0,84 Mt @41 gr/t emas atau mengandung 1,1 M oz emas. Pada

bulan Oktober 2004 dilakukan *up dating data* daerah Kencana dan menghasilkan Total Cadangan sebesar 1,7 Mt @41 gr/t emas dan 41 gr/t perak atau sebesar 2,2 M oz emas dan 2,26 M oz perak. Daerah penambangan Gosowong mempunyai cadangan emas dan perak cukup besar dalam sekala dunia, dengan total cadangan telah mencapai 3,3 M oz emas (Hasil Kegiatan Subdit Konservasi, TA.2005). Dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan kondisi bijih yang berada di PT. NHM maka proses pengolahan bijihnya menggunakan metoda hidrometalurgi.

Hidrometalurgi merupakan teknik pemisahan yang menggunakan larutan atau reagen kimia untuk menangkap atau melarutkan logamnya. Teknik ini dapat diterapkan untuk memisahkan logam emas dari bijih emas yang berkadar rendah. Hidrometalurgi dilakukan karena semakin sulitnya ditemukan bijih emas kadar tinggi. Contoh proses hidrometalurgi diantaranya adalah metode sianidasi. Sianida merupakan reagen yang paling sering digunakan untuk mengisolasi emas untuk eksploitasi emas skala industri. (Angove, 2005).

Pada proses Pengambilan bahan baku bijih emas untuk keperluan uji coba sianidasi tahap pendahuluan diambil dari *Room Pad* pada ore Kencana

yellow 2 PT. NHM yang berkadar rata-rata Au = 4 g/t, Ag = 3 g/t. Uji coba sianidasi tahap pendahuluan yang dilakukan dengan variabel konsentrasi larutan (NaCN) menghasilkan % ekstraksi tertinggi untuk Au = 94,60 % dan Ag = 85,12 %. Perolehan tersebut dihasilkan dari kondisi % solid = 47%, NaCN = 450 ppm, pH = 10,5, waktu kontak = 48 jam, partikel *size* = 40,9 mikron.

Kondisi proses sianidasi yang dicapai selanjutnya akan diterapkan pada uji proses sianidasi secara kontinu terhadap variabel parameter lainnya.

Melalui pemberian variasi pada parameter *leaching* proses sianidasi diharapkan adanya nilai yang paling optimal dan efisien untuk meningkatkan kadar emas (Au).

2. METODOLOGI

2.1 Metode pengumpulan Data

Metode yang digunakan merupakan pengamatan secara langsung di lapangan dengan melakukan penelitian secara langsung terhadap proses yang terjadi dan mencari informasi pendukung yang terkait dengan permasalahan yang akan dibahas, metode tidak langsung dilakukan dengan melakukan studi literatur baik dari perpustakaan ataupun dari perusahaan.

2.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi peralatan yang diperlukan pada preparasi bahan laboratorium antara lain: Gelas, ukur, erlenmeyer, buret, corong, kaca arloji, spatula, pipet volume, *bulb*, pH meter, *Dissolved Oxygen* meter, timer, neraca analitis, oven, *tray*, mesin bowl, LM spliter, mesin *rolling*, botol roll, mastersizer hidro, kertas whatman 41 (kertas saring), pompa vacum, filter dan testube.

Hasil dari *leaching* sianida berupa *solid* dan *solution* dianalisis menggunakan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometric*) di laboratorium mineral oleh Intertek Gosowong.

2.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain batuan mineral yang telah di haluskan dengan ukuran 32,6 micron, 36,2 micron dan 40,9 micron, larutan NaCN 10%, Pb(NO₃)₂, Lime (CaO), rhodanin, oksigen, flokulan dan AgNO₃.

2.2 Metode Analisis Data

Analisis data secara kuantitatif dilakukan dalam beberapa tahap yaitu

1. Menentukan titik optimal proses pengolahan emas dan perak deposit

bijih kadar rendah di PT. Nusa Halmahera Minerals.

2. Mengetahui *recovery* emas dan perak pada titik optimal *leaching* sianida deposit bijih kadar rendah.
3. Mengetahui parameter utama untuk memperoleh *recovery* emas dan perak tertinggi.

2.2.1 Prosedur Kerja

Pengambilan Sampel *ore* pada KY2 sebanyak 92,45 kg, dimasukan ke *tray* dan kemudian di oven untuk dikeringkan. Sampel yang sudah kering dicampur dan kemudian kalibrasi dengan alat timbangan untuk menimbang sampel sebanyak 1 kg tiap kantong sebanyak 45. Dan dilanjutkan proses *pulvarise* untuk memperoleh 40,9 μm yang akan digunakan untuk percobaan variabel kekuatan larutan, % solid, penambahan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dan ukuran 32,6 μm , 36,2 μm tambahan untuk variabel *sizing*.

Setelah proses *pulvarise* di lakukan proses *mixing* (pencampuran) sebanyak 4 kali dan dilanjutkan *split* untuk pembagian A dan B, untuk A akan di *mixing* sebanyak 4 kali lagi dan di *split* untuk pembagian A1 dan A2. Pada A1, masing-masing botol akan di isi sampel sebanyak 650 gram untuk masing-masing variabel percobaan, sedangkan air yang digunakan sebanyak 733 ml (tidak untuk % solid).

Untuk pH Jika $< 10,5$ akan ada penambahan lime (CaO). Sedangkan untuk DO jika < 15 akan ada penambahan oksigen.

Filtrasi vakum digunakan sesuai kondisi pabrik yaitu jam ke 2, 4, 8, 24, 32 akan di ambil *solution* untuk mengecek kandungan Au dan Ag sedangkan untuk pengambilan *solid* akan ada proses pencampuran flokulan sebanyak 150 ml untuk pengendapan pada jam ke-48 pada masing-masing botol.

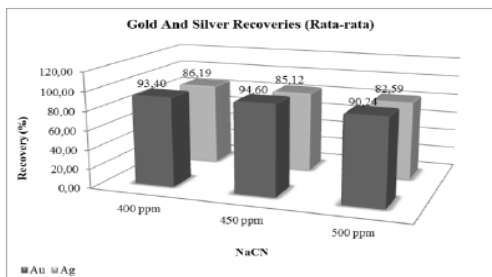
3.3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.3.1 Variabel Konsentrasi Sianida (NaCN)

Proses pelarutan emas dengan *leaching agent* penambahan CN dengan variasi dosis 400, 450 dan 500 ppm. Didalam percobaan ini waktu yang digunakan 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 % NaCN, maka dikembalikan seperti semula. Adapun kondisi yang dipergunakan adalah: solid 47 %, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 200 ppm, berat Solid 650/1000 gr, pH 10,5-11, DO 15-20 ppm.

Tabel 1. Variabel Kekuatan Larutan (NaCN)

Time (Hours)	SOLUTION			SOLID		Cak. Ext.	
	NaCN	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
	ppm	g/T	g/T	g/T	g/T	%	%
48	400	4,02	2,95	0,29	0,45	93,4	86,19
	450	4,09	2,65	0,24	0,45	94,6	85,12
	500	4,1	2,67	0,45	0,55	90,24	82,59



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi CN Terhadap *Recovery* Emas dan Perak

Dari tabel 1 serta gambar 1 diatas maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi sianida yang paling ideal untuk diterapkan pada proses produksi emas adalah konsentrasi 450 ppm atau 0,045% dengan rata-rata *recovery* logam Au mencapai 94,60% lebih tinggi di dibandingkan dengan CN 400 ppm dan 500 ppm, namun pada 400 ppm Ag mencapai *recovery* yang tinggi. Keadaan ini menunjukkan bahwa *leaching* sianida tidak hanya mengendapkan emas tetapi juga unsur-unsur yang digunakan sebagai campuran emas seperti perak. Selain hasil uji diatas, alasan ekonomi juga merupakan salah satu alasan mengapa dipilih sianida dengan konsentrasi 450 ppm menjadi konsentrasi yang ideal untuk digunakan dalam proses ekstraksi emas. Penggunaan sianida dengan konsentrasi yang lebih tinggi

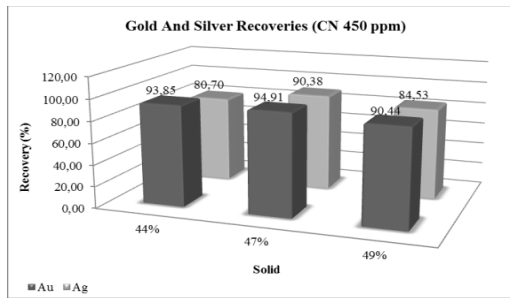
menyebabkan sianida yang dibutuhkan lebih banyak, sehingga menambah biaya produksi. Selain itu konsentrasi sianida yang tinggi memiliki potensi yang lebih besar untuk menjadi polutan dan mencemari lingkungan di sekitarnya.

3.3.2 Variabel % Solid

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh % solid terhadap ekstraksi bijih emas dan perak dengan penggunaan konsentrasi CN pada 450 ppm sesuai hasil *recovery* tertinggi pada percobaan sebelumnya. Waktu yang digunakan 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 % NaCN, maka dikembalikan seperti semula. Adapun kondisi yang dipergunakan adalah: Pb(NO3)2 200 ppm, berat solid 598 gr; 655 gr; 694 gr/ 1000 gr, pH 10-11, DO 15-20 ppm, sedangkan % solid bervariasi antara : 44%, 47%, dan 49 %.

Tabel 2. Variabel % Solid

Time (Hours)	SOLUTION			SOLID		Cak. Ext.	
	Solid	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
	%	g/T	g/T	g/T	g/T	%	%
48	44	4,43	2,93	0,29	0,7	93,85	80,7
	47	4,29	2,82	0,23	0,3	94,91	90,38
	49	3,31	2,19	0,35	0,4	90,44	84,53



Gambar 2. Pengaruh % Solid Terhadap Recovery Emas dan Perak

Persen *solid* merupakan perbandingan antara berat padatan dengan berat total. Makin besar persen *solid*, berarti makin banyak jumlah padatan, sehingga kesempatan untuk bereaksi antara emas dan perak dengan larutan akan semakin kecil.

Hal ini berkaitan dengan *mobilitas* (gerakan) atom atau ion yang terbatas. Selain itu persen *solid* yang tinggi dapat meningkatkan viscosity dari slurry, yang menyebabkan turunnya DO (*dissolved Oxygen*) dan ketika reaksi pelindungan, sehingga laju reaksi berkurang. Sedangkan untuk persen *solid* yang rendah, berarti jumlah padatan lebih kecil sehingga berpengaruh terhadap kapasitas pabrik meskipun Au dan Ag terlarut lebih banyak.

Pada grafik di atas dapat disimpulkan bahwa dengan konsentrasi CN 450 ppm mampu mengekstraksi emas dan perak 94,91% dan 90,38% dengan % solid 47%, 44% solid mengekstraksi emas dan perak sebesar 93,85% dan 80,70, sedangkan 49%

solid mengekstraksi sebesar 90,44% dan 84,53.

Dalam hal ini dapat di tarik kesimpulan ketika menggunakan dosis CN 450 ppm, menggunakan 47% solid mampu mengekstraksi emas dan perak yang tinggi.

3.3.3 Variabel Pb(NO3)2

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh Timbal II Nitrat Pb(NO3)2 terhadap ekstraksi bijih emas dan perak dengan penggunaan konsentrasi CN 450 ppm. Timbal II Nitrat Pb(NO3)2 yang memiliki peran cukup baik pada proses pelarutan emas menggunakan sianida, khususnya pada beberapa jenis batuan emas; batuan emas primer berkadar rendah (kadar emas antara 0,1%-79% dalam bijihnya), batuan emas ber kandungan belerang relatif tinggi (pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, galena, dan sebagainya). Pb(NO3)2 terionisasi dalam larutan, menjadi kation Pb²⁺ dan anion nitrat NO₃⁻. Waktu yang digunakan adalah 48 jam dan diambil contoh pada jam ke 2, 4, 8, 24, 32 dan 48.

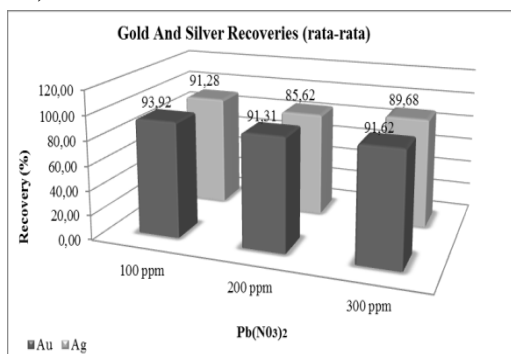
Kondisi kekuatan larutan, pH, dan DO tetap dipertahankan selama percobaan dan apabila ada penurunan % NaCN, maka dikembalikan seperti semula Adapun kondisi yang dipergunakan adalah; berat solid 650/1000 gr, pH 10- 11, DO > 15 ppm,

sedangkan Pb(NO₃)₂ bervariasi antara 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm.

Tabel 3. Variabel Pb(NO₃)₂

Time (Hours)	SOLUTION			SOLID		Cak. Ext.	
	Pb(NO ₃) ₂ ppm	Au g/T	Ag g/T	Au g/T	Ag g/T	Au %	Ag %
48	44	4,11	2,59	0,27	0,25	93,92	91,28
	47	4,21	2,65	0,4	0,45	91,31	85,62
	49	4,03	2,48	0,37	0,3	91,62	89,68

Dari percobaan *leaching* dengan penambahan Pb(NO₃)₂ dengan konsentrasi CN 450 ppm diperoleh nilai *recovery* emas (Au) pada 100 ppm sebesar 93,92 %, kemudian pada 200 ppm sebesar 91,31 %, dan 300 ppm sebesar 91,62 %. Sedangkan untuk Perak (Ag), nilai *recovery* dengan dosis 100 ppm sebesar 91,28%, 200 ppm sebesar 85,62%, dan 300 ppm sebesar 89,68%.



Gambar 3. Pengaruh Pb(NO₃)₂ Terhadap *Recovery* Emas dan Perak

Dari data tersebut menunjukkan adanya kenaikan *recovery* Au dan Ag pada penambahan Pb(NO₃)₂ dosis 100 ppm, sedangkan dosis 200 ppm dan

300 ppm terjadi penurunan *recovery*. Hal ini menunjukkan penggunaan timbal nitrat sebagai oksidator pada lumpur/batuan dengan logam ikutan yang tinggi dapat mengakibatkan peningkatan yang tajam dalam konsumsi sianida, meskipun rendemen logam utama yang dihasilkan menjadi signifikan jumlahnya. Hal ini terjadi karena garam timbal turut bereaksi dengan garam sianida membentuk garam timbal sianida. Maka dapat disimpulkan bahwa Pb(NO₃)₂ ideal menggunakan dosis 100 ppm. Selain itu

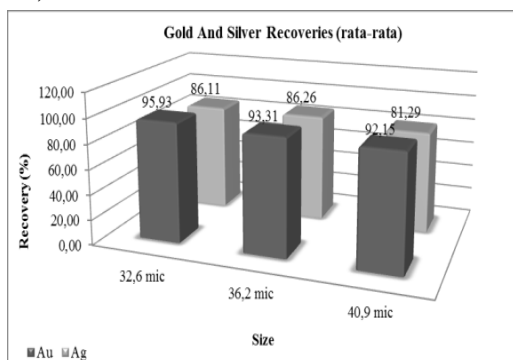
3.3.4 Variabel Ukuran Partikel (Size)

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel (*Size*) terhadap ekstraksi bijih emas dan perak dengan penggunaan konsentrasi CN 450 ppm sesuai hasil *recovery* tertinggi pada percobaan sebelumnya. Waktu yang digunakan 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 % NaCN, maka dikembalikan seperti semula Adapun kondisi yang dipergunakan adalah: Pb(NO₃)₂ 200 ppm, berat solid 650/1000 gr, pH 10-11, DO 15-20 ppm, sedangkan *size* bervariasi antara : 32,6 micron, 36,2 micron dan 40,9 mikron.

Tabel 4. Variabel Ukuran Partikel Size

Time (Hours)	SOLUTION			SOLID		Calc. Ext.	
	Size	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
	mkron	g/T	g/T	g/T	g/T	%	%
48	32,6	5,66	3,1	0,24	0,5	95,93	86,11
	36,2	4,91	2,82	0,36	0,45	93,31	86,26
	40,9	4,13	2,59	0,36	0,6	92,15	81,29

Dari percobaan *leaching* dengan ukuran partikel (*size*) dengan konsentrasi CN 450 ppm diperoleh nilai *recovery* emas (Au) pada ukuran 32,6 micron sebesar 95,93%, kemudian pada ukuran 36,2 micron sebesar 93,31%, dan 40,9 micron sebesar 91,15%.



Gambar 3. Pengaruh Ukuran Partikel (Size) Terhadap *Recovery* Emas dan Perak

Sedangkan untuk Perak (Ag), nilai *recovery* dengan ukuran 32,6 micron sebesar 86,11%, 36,2 micron sebesar 86,26%, dan 40,9 micron sebesar 81,29%. Dari data tersebut menunjukkan adanya kenaikan *recovery* Au dan Ag pada ukuran partikel (*size*) yang lebih kecil.

Semakin halus ukuran butiran, maka derajat liberasi (kebebasan

mineral atau unsur dalam bijih) dan luas permukaan efektif semakin besar sehingga makin besar kesempatan atau kontak antara permukaan butiran dengan larutan. Hal tersebut berdampak pada peningkatan *recovery* emas dan perak. Dengan memperhatikan efisiensi produksi maka tingkat konsumsi CN dipengaruhi oleh ukuran partikel, semakin besar ukuran partikel, maka tingkat konsumsi CN bertambah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dengan mengubah variabel bebas pada *leaching* sianida diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Optimasi *recovery* emas dan perak pada *leaching* sianida dilakukan dengan mengubah variabel konsentrasi sianida, % solid slurry, penambahan Pb(NO₃)₂ dan Ukuran partikel (Sizing).
2. konsentrasi sianida yang paling ideal untuk diterapkan pada proses produksi emas adalah konsentrasi 450 ppm atau 0,045% yang mampu mengekstraksi rata-rata logam emas dan perak mencapai 89,86%.
3. Dengan menggunakan 47% solid pada dosis 450 ppm, *recovery* 94,91%.
4. Penggunaan Pb(NO₃)₂ dosis CN 450 ppm, *recovery* 93,92 %.

5. Untuk *recovery* tertinggi pada *leaching* sianida, ukuran partikel sangat mempengaruhi laju % ekstraksi mencapai 95,93%.
6. Ukuran partikel *size* merupakan salah satu parameter dalam *leaching* sianida yang mampu mengekstraksi emas dan perak lebih dari pada parameter lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, M Winanto., Sukamto., Sudaryanto. (2001),” *Pengolahan Bahan Galian*”, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan “Veteran” Yogyakarta.
- Aji, M Winanto., Sukamto., 1992,” *Penelitian Kenaikan Kadar Emas Dan Perak Dalam Sand Tailing Hasil Proses Sianidasi*”, Fakultas Tambang - UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Candra.,2011,” *Pengaruh Konsentrasi Dan Kemurnian Serbuk Seng Pada Ekstraksi Emas Metoda Pengendapan Seng*”, Jurusan Teknik Metalurgi Dan Material, Universitas Indonesia. Jakarta
- Ciputra, F., 2010,” *Pengaruh Penambahan H₂O₂ Pada Sianidasi Emas Dari Batuan Mineral*”, Jurusan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Desita, Masorra., 2014,” *Kajian Teknis Pengolahan Tailing Hasil Amalgamasi Emas Menggunakan Metode Sianidasi Di Desa Paningkaban, Kecamatan Gumelar Kabupaten Bayumas Jawa Tengah*”, Fakultas Tambang - UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Dian, W., 2013,” *Ekstraksi Emas Dari Batuan Menggunakan Metode Sianidasi Dan Amalgamasi Dengan Penambahan Ketela Pohon*”, Jurusan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Jember
- John, L., 2013,” *Toguraci Underground Mine Development*”, PT. NHM. Gosowong.
- Nurlaila, Hamid., Fitria., 2013,” *Pengaruh Penambahan Vikosity Modifier Dan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Terhadap Recovery Emas dan Perak*”, Fakultas Teknologi Industri – UMI, Makassar.
- 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
- Sudirman, dan Y. Emsal. 2011” *Bahan Galian Logam Emas*”, Makalah kelompok II, Bogor---
- Sutoto., 2007,” *Journal of Waste Management Technology*”, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, Batan.
- 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.
- _____, 2010,”*Pengaruh Aerasi Pada Sianidasi Emas Dari Batuan Mineral.*”
- _____, 2011.” *Bahan Galian Logam Emas*”, Makalah.
- _____, 2013,”*Ragam Pengolahan Emas*”, <http://www.lautan-emas.com>